



SKRIPSI – ME-141501

**PERANCANGAN DESAIN ALTERNATIF SISTEM
INSTALASI ETIL MERKAPTAN PADA
TERMINAL LPG**

Wimpy Ovik Sudirman
NRP 4212 100 022

Dosen Pembimbing
Ir. Hari Prastowo, M.Sc
Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc

JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



FINAL PROJECT – ME-141501

**DESIGNING THE ALTERNATIVE SYSTEM PLAN
OF ETHYL MERCAPTAN INSTALLATION AT
LPG TERMINAL**

Wimpy Ovik Sudirman
NRP 4212 100 022

Supervisor
Ir. Hari Prastowo, M.Sc
Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc

DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING
Faculty of Marine Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016

LEMBAR PENGESAHAN

PERANCANGAN DESAIN ALTERNATIF SISTEM INSTALASI ETIL MERKAPTAN PADA TERMINAL LPG

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik

pada

Bidang Studi *Marine Machinery and System* (MMS)
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Wimpy Ovik Sudirman

NRP : 4212 100 022

Disetujui oleh Pembimbing Skripsi :

1. Ir. Hari Prastowo, M.Sc
2. Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc



SURABAYA
JULI 2015

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

PERANCANGAN DESAIN ALTERNATIF SISTEM INSTALASI ETIL MERKAPTAN PADA TERMINAL LPG

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik

pada

Bidang Studi *Marine Machinery and System* (MMS)
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Wimpy Ovik Sudirman

NRP : 4212 100 022

Disetujui oleh Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan :




Dr. Eng. Muhammad Badruz Zaman, ST., MT

NIP. 1977 0802 2008 01 1007

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

PERANCANGAN DESAIN ALTERNATIF SISTEM INSTALASI ETIL MERKAPTAN PADA TERMINAL LPG

Nama Mahasiswa : Wimpy Ovik Sudirman
NRP : 4212 100 022
Dosen Pembimbing 1 : Ir. Hari Prastowo, M.Sc
Dosen Pembimbing 2 : Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc

ABSTRAK

LPG merupakan bahan bakar berupa gas yang dicairkan (*Liquified Petroleum Gasses*) merupakan produk minyak bumi yang diperoleh dari proses distilasi bertekanan tinggi. LPG murni tidak memiliki warna dan tidak memiliki bau, sehingga sulit untuk mendeteksi keberadaannya. Oleh sebab itu untuk faktor keselamatan, LPG sebelum dipasarkan terlebih dahulu ditambahkan zat pembau (*odor*) yaitu etil merkaptan (C_2H_5SH) sehingga apabila terjadi kebocoran segera dapat diketahui. Tujuan penulisan skripsi ini adalah mengetahui resiko dan konsekuensi kebocoran etil merkaptan, mengetahui cara meminimalisir resiko terjadinya kebocoran pada instalasi etil merkaptan, merancang desain alternatif sistem instalasi etil merkaptan pada Terminal LPG, dan mengetahui kelebihan dan kekurangan desain sistem yang dirancang. Metode yang digunakan ialah dengan melakukan analisis resiko menggunakan HAZOP analysis, dilanjutkan dengan perancangan desain alternatif. Dari hasil analisis didapatkan resiko dan konsekuensi dari kebocoran etil merkaptan baik dalam bentuk cair maupun uap dapat diketahui melalui analisis resiko menggunakan metode HAZOP *analysis*. Dari hasil analisis HAZOP didapatkan rekomendasi untuk menambahkan sistem pendingin pada drum etil merkaptan dan penambahan insulasi pada pipa transfer etil merkaptan. **Kata kunci: Desain Alternatif, Etil Merkaptan, Instalasi Mercaptan, Sistem Pendingin**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DESIGNING THE ALTERNATIVE SYSTEM PLAN OF THE ETHYL MERCAPTAN INSTALLATION AT LPG TERMINAL

Student Name : Wimpy Ovik Sudirman
NRP : 4212 100 022
Advisor 1 : Ir. Hari Prastowo, M.Sc
Advisor 2 : Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc

ABSTRACT

LPG (Liquified Petroleum Gas) was a petroleum product obtained from a high pressure distillation. LPG has no color and no smell, so that it is difficult to detect its presence. In addition, to detect the leakage of LPG, the LPG before marketed prior written substance of smell (odor) it was called ethyl mercaptan (C_2H_5SH) so that in case of a leak immediately known. The purpose of this thesis were to determine the risks and consequences of leakage of ethyl mercaptan, determine how to minimize the risk of leakage on ethyl mercaptan installation, design the alternative system plan of ethyl mercaptan installation, determine the advantages and disadvantages of the designed system. The method used were perform the HAZOP analysis to determine the risk and desinging the alternative sistem plan. The result of the analysis were the risks and the consequences of the leaked of ethyl mercaptan can be found by perform the HAZOP anlysis. The HAZOP analysis recomended to attach cooling system on the ethyl mercaptan drum, and added pipe insulation on the ethyl mercaptan transfer pipe.

Keywords: Alternative Design, Cooling System, Ethyl mercaptan, Installation of Mercaptan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, yang selalu melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sampai penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi dengan judul “Perancangan Desain Alternatif Sistem Instalasi Etil Merkaptan Pada Terminal LPG”. Skripsi ini diajukan sebagai salah satu persyaratan kelulusan program sarjana strata 1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis telah mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu, dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang selalu memberikan nikmat jasmani dan rohani kepada penulis.
2. Orangtua penulis, Ibu Sri Aminah dan Bapak Sudirman yang selalu mendo'akan, memberi dukungan dan semangat.
3. Bapak Ir. Hari Prastowo, M.Sc dan Bapak Ir. Alam Baheramasyah, M.Sc selaku dosen pembimbing yang memberi ilmu dan mengarahkan.
4. Bapak Ir. Amiadji, M.M. M.Sc selaku dosen wali yang selama delapan semester ini mendukung dan memberikan ilmu yang bermanfaat.
5. Bapak Bayu Maryono selaku Kepala Terminal LPG Semarang yang telah memberikan izin dalam pengambilan data tugas akhir.
6. Zahra Listya Ardiyasa dan Puji Nurul Fatmawati yang selalu memberi dukungan dan motivasi kepada penulis
7. Sahabat saya, Ragil, Refan, Esqy, Rio, Fiki, Aris, Kozin, Bayu, Rifa'i, Trisno, Hangga, Gigih yang selalu memberi semangat dan dukungan kepada penulis.
8. Seluruh bapak dan ibu dosen yang telah mengajarkan banyak ilmu selama penulis menempuh pendidikan di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan.

9. Seluruh teman-teman yang mengambil skripsi di laboratorium Marine Machinery and System, serta rekan-rekan BISMARCK'12 yang selalu memberi semangat dan dukungan.
10. Seluruh pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu, yang telah memberikan dukungan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu saran sangat dibutuhkan untuk memperbaiki penyusunan skripsi ini. Akhir kata, semoga tulisan ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca umumnya dan rekan-rekan mahasiswa khususnya.

Surabaya, Juli 2016

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Skripsi	4
1.4 Batasan Masalah	5
1.5 Manfaat	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 DEFINISI LPG (<i>Liquified Petroleum Gas</i>)	7
2.2 Etil Merkaptan	9
2.3 Keselamatan dan Kesehatan Kerja	12
2.4 Analisis Resiko	14
2.5 Kondisi <i>Existing System</i>	21
2.6 Perpindahan Kalor	23
II.7 Insulasi Panas	27
BAB III METODOLOGI	33
3.1 Flowchart	33
3.2 Deskripsi Flowchart	35
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	39
4. 1 HAZOP Analysis pada Sistem yang Ada	40
4. 2 Perhitungan Sistem Pendingin Drum Etil Merkaptan	43
4.3 Perencanaan Tangki Air Pendingin	53
4.4 Insulasi Pipa Transfer Etil Merkaptan	54
4.5 Estimasi Biaya	57
4.6 Perbandingan Desain Sistem	59

4.7 Evaluasi Faktor Keselamatan	60
4.8 Desain <i>Key Plan</i>	61
KESIMPULAN DAN SARAN	65
5.1 Kesimpulan.....	65
5.2 Saran.....	65
DAFTAR PUSTAKA	67

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Terminologi HAZOP Analysis.....	16
Tabel 2.2 Material Insulation Low Temperature.....	30
Tabel 2.3 Material Insulation Intermediete Temperature.....	31
Tabel 4.1 Koefisien fitting loss pada suction	51
Tabel 4.2 Koefisien fitting loss pada discharge.....	52
Tabel 4.3 Estimasi biaya yang diperlukan	58
Tabel 4.4 Perbandingan sistem yang lama dengan desain alternatif yang dirancang	59
Tabel 4.5 Evaluasi Keselamatan.....	60

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Tangki etil merkaptan tampak belakang	3
Gambar 1.2 Kondisi saluran pipa ke tangki etil merkaptan	3
Gambar 2.1 Properti Fisik Etil Merkaptan	10
Gambar 2.2 Prosedur pembuatan deviasi menggunakan <i>guide words</i> dan <i>parameter</i>	16
Gambar 2.3 Guide words dan arti dalam HAZOP analysis.....	19
Gambar 2.4 Parameter yang biasa digunakan dalam HAZOP analysis	19
Gambar 2.5 Overview of the Hazop analysis technique	20
Gambar 2.6 Tabel dokumentasi HAZOP analysis	21
Gambar 2.7 Etil Merkaptan Storage Tank Area.....	22
Gambar 2.8 Proses perpindahan kalor pada plat datar	24
Gambar 2.9 Proses perpindahan kalor pada silinder	26
Gambar 2.10 cross section of insulated pipe	29
Gambar 3.1 HAZOP analysis menggunakan software Ms. Excel	36
Gambar 3.2 Desain sistem instalasi etil merkaptan dari Terminal LPG Semarang	37
Gambar 4.1 Layout sistem etil merkaptan.....	39
Gambar 4.2 HAZOP Analysis Worksheet.....	41
Gambar 4.3 lanjutan HAZOP analysis worksheet.....	42
Gambar 4.4 Ilustrasi tangki air pendingin	54
Gambar 4.5 Tabel rekomendasi ketebalan minimum insulasi.....	55
Gambar 4.6 Sistem Pendingin Etil Merkaptan.....	62
Gambar 4.7 Etyl Mercaptan Transfer System.....	63

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

LPG merupakan bahan bakar berupa gas yang dicairkan (*Liquified Petroleum Gasses*) merupakan produk minyak bumi yang diperoleh dari proses distilasi bertekanan tinggi. Fraksi yang digunakan sebagai umpan dapat berasal dari beberapa sumber yaitu dari Gas alam maupun Gas hasil dari pengolahan minyak bumi (*Light End*). Komponen utama LPG terdiri dari Hidrokarbon ringan berupa Propana (C_3H_8) dan Butana (C_4H_{10}), serta sejumlah kecil Etana (C_2H_6) dan Pentana (C_5H_{12}).

Seperti yang kita ketahui bahwa LPG murni tidak memiliki warna dan tidak memiliki bau, sehingga sulit untuk mendeteksi keberadaannya. Oleh sebab itu untuk faktor keselamatan, LPG dimasukkan ke dalam tabung yang tahan terhadap tekanan yang terbuat dari besi baja dan dilengkapi dengan suatu pengatur tekanan. Disamping itu untuk mendeteksi terjadinya kebocoran LPG, maka LPG sebelum dipasarkan terlebih dahulu ditambahkan zat pembau (*odorizer*) sehingga apabila terjadi kebocoran segera dapat diketahui. Pembau yang ditambahkan harus melarut sempurna dalam LPG, tidak boleh mengendap. Untuk maksud itu digunakan etil merkaptan (C_2H_5SH) atau butil merkaptan (C_4H_9SH).

Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) di perusahaan sekarang ini merupakan hal yang sangat penting dan perlu diperhatikan. Kecelakaan kerja dapat terjadi dimana saja begitu pula di Terminal LPG yang notabenenya merupakan perusahaan yang bekerja dengan zat atau material berbahaya, maka dari itu kesehatan dan keselamatan kerja harus sangat diperhatikan. Karena kecelakaan kerja baik yang disebabkan oleh pekerja atau sistemnya yang bermasalah dapat berakibat sangat fatal bagi perusahaan bahkan masyarakat sekitar.

Menurut ILO, setiap tahun ada lebih dari 250 juta kecelakaan di tempat kerja dan lebih dari 160 juta pekerja menjadi sakit karena bahaya di tempat kerja. Terlebih lagi, 1,2 juta pekerja meninggal akibat kecelakaan dan sakit di tempat kerja. Angka menunjukkan, biaya manusia dan sosial dari produksi terlalu tinggi (ILO, 2013).

Dalam industri migas tentu memiliki potensi bahaya yang relatif besar seperti kebakaran, ledakan, dan pelepasan gas toksik, bahkan efek kombinasi antara kebakaran dan ledakan. Seperti pada kasus ledakan sumur Pertamina Jatibarang, merupakan salah satu contoh kegagalan sistem industri migas yang berdampak cukup buruk sehingga 1 orang tewas dan 5 orang mengalami luka bakar yang serius.

Pada penulisan skripsi ini, obyek yang menjadi fokus pengamatan adalah pada sistem instalasi zat pembau atau *odorizer* LPG. Zat pembau LPG merupakan etil merkaptan yang merupakan jenis bahan kimia yang memiliki tingkat kemampuan untuk terbakar (*flammability*) tingkat 4 atau merupakan tingkatan yang paling tinggi, seperti yang diungkapkan pada *Material Safety Data Sheet* (MSDS) Etil Merkaptan . Selain itu etil merkaptan juga memiliki bau yang sangat menyengat serta berbahaya jika terhirup oleh manusia dapat mengakibatkan keracunan, bahkan kematian. Gambaran kondisi instalasi etil merkaptan yang saat ini digunakan :



Gambar 1.1 Tangki etil merkaptan tampak belakang
(Dokumentasi pribadi penulis, 2015)



Gambar 1.1 Kondisi saluran pipa ke tangki etil merkaptan
(Dokumentasi pribadi penulis, 2015)

Pada Gambar 1.1 tersebut merupakan gambaran tangki etil merkaptan yang dilihat dari belakang. Terlihat bahwa tangki etil merkaptan terkena paparan sinar matahari secara langsung yang terkadang mengakibatkan etil merkaptan menguap didalam drum sehingga tidak dapat dipompa.

Pada Gambar 1.2 terlihat kondisi saluran pipa dan sambungan pipa ke tangki timbun etil merkaptan. Kebocoran juga sempat terjadi pada sambungan pipa dengan valve pada drum penyimpanan etil merkaptan. Hal ini cukup merugikan perusahaan mengingat harga etil merkaptan yang cukup mahal. Selain itu baunya juga mengganggu para pekerja di area terminal, dan bila sampai terbawa angin ke daerah pemukiman warga bau dari etil merkaptan ini juga cukup mengganggu bagi warga di sekitar area terminal. Drum penyimpanan juga masih dapat terkena sinar matahari secara langsung.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah:

- a. Bagaimana cara meminimalisir resiko kebocoran merkaptan dari sistem baik dalam bentuk cair maupun uap pada instalasi etil merkaptan ?
- b. Bagaimana desain sistem instalasi etil merkaptan yang aman dan efektif ?

1.3 Tujuan Skripsi

Penulisan skripsi ini bertujuan untuk :

- a. Mengetahui resiko dan konsekuensi kebocoran etil merkaptan pada Terminal LPG.
- b. Mengetahui cara meminimalisir resiko terjadinya kebocoran pada instalasi etil merkaptan.
- c. Merancang desain alternatif sistem instalasi etil merkaptan pada Terminal LPG.

1.4 Batasan Masalah

Pada skripsi ini batasan masalah adalah sebagai berikut:

- a. Instalasi Etil merkaptan yang diamati hanya pada Terminal LPG Semarang.
- b. Perancangan desain alternatif menggunakan aplikasi AutoCAD 2007.

1.5 Manfaat

Manfaat yang dapat diperoleh dari penulisan skripsi ini adalah :

- a. Dapat mengetahui resiko dan konsekuensi yang mungkin terjadi jika terjadi kebocoran etil merkaptan di Terminal LPG.
- b. Dapat meminimalisir resiko terjadinya kebocoran pada instalasi etil merkaptan
- c. Menyediakan desain alternatif sistem instalasi etil merkaptan yang baik dan aman.
- d. Dapat membandingkan antara desain sistem yang sudah ada dengan desain sistem alternatif

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 DEFINISI LPG (*Liquified Petroleum Gas*)

LPG merupakan bahan bakar berupa gas yang dicairkan (*Liquified Petroleum Gasses*) merupakan produk minyak bumi yang diperoleh dari proses distilasi bertekanan tinggi. Fraksi yang digunakan sebagai umpan dapat berasal dari beberapa sumber yaitu dari Gas alam maupun Gas hasil dari pengolahan minyak bumi (*Light End*). Komponen utama LPG terdiri dari Hidrokarbon ringan berupa Propana (C_3H_8) dan Butana (C_4H_{10}), serta sejumlah kecil Etana (C_2H_6) dan Pentana (C_5H_{12}). (Fatwa 2009)

LPG digunakan sebagai bahan bakar untuk rumah tangga dan industri. LPG terutama digunakan oleh masyarakat tingkat menengah keatas yang kebutuhannya semakin meningkat dari tahun ketahun karena termasuk bahan bakar yang ramah lingkungan. Sebagai bahan bakar untuk keperluan rumah tangga, LPG harus memenuhi beberapa persyaratan khusus dengan tujuan agar aman dipakai dalam arti tidak membahayakan bagi pengguna dan tidak merusak peralatan yang digunakan serta efisien dalam pemakaiannya.

Oleh sebab itu untuk menjaga faktor keselamatan, LPG dimasukkan ke dalam tabung yang tahan terhadap tekanan yang terbuat dari besi baja dan dilengkapi dengan suatu pengatur tekanan. Disamping itu untuk mendeteksi terjadinya kebocoran LPG, maka LPG sebelum dipasarkan terlebih dahulu ditambahkan zat pembau (*odor*) sehingga apabila terjadi kebocoran segera dapat diketahui. Pembau yang ditambahkan harus melarut sempurna dalam LPG, tidak boleh mengendap. Untuk maksud itu digunakan etil merkaptan

(C_2H_5SH) atau butil merkaptan (C_4H_9SH). Sedangkan dibidang industri produk elpiji digunakan sebagai pengganti *freon, aerosol, refrigerant / cooling agent*, kosmetik dan dapat pula digunakan sebagai bahan baku produk khusus.

Sesuai dengan penggunaannya sebagai bahan bakar elpiji dibedakan menjadi dua macam, yaitu:

1. LPG Propana

Merupakan LPG yang memiliki komposisi propana 95% volume dan tambahan zat pembau (*odorizer*)

2. LPG Butana

Merupakan LPG yang memiliki komposisi butana 97.5% volume dan tambahan zat pembau (*odorizer*)

3. LPG Mix

Merupakan campuran propana dan butana dengan komposisi antara 70% - 80% dan 20% - 30% volume dan juga tambahan zat pembau (*odorizer*).

Syarat-syarat utama dalam pemakaian LPG adalah harus dipenuhinya:

1. Syarat Pembakaran

Pada saat digunakan sebagai bahan bakar untuk kompor LPG harus memberi warna api kompor yang biru dan tidak memberi asap. Agar api kompor berwarna biru, maka komposisi campuran propana dan butana harus minimum 97,5%. Sebaliknya jika LPG mengandung fraksi C_5^+ (C_6 *heavier*) lebih dari maksimumnya yaitu 2,0% maka nyala api kompor agak kemerah-merahan. Jadi agar syarat pembakaran menjadi baik maka komposisi C_2 harus maksimum 0,2% vol, C_3 dan C_4 minimum 97,5% vol serta kandungan C_5^+ (C_6 *heavier*) maksimum 2,0% vol.

2. Syarat Penguapan

Kemampuan menguap adalah sifat penting dalam penggunaan, LPG harus cukup mudah menguap agar mudah dinyalakan diwaktu dingin. Seperti diketahui saat

dalam tabung gas LPG adalah berbentuk cair, namun saat dipakai dalam kompor (pada tekanan atmosfer) dengan cepat LPG berubah menjadi gas. Untuk memenuhi persyaratan penguapan maka Tekanan Uap LPG tidak boleh lebih dari 120 psig.

3. Syarat Keselamatan

Dalam pemakaiannya sebagai bahan bakar rumah tangga, jika terjadi kebocoran maka LPG harus cepat dapat dideteksi dengan diberi bau yang khas, agar baunya cepat dikenali saat terjadi kebocoran maka pada LPG diberi campuran *Ethyl mercaptan* atau *Buthyl mercaptan* sebanyak 50/100 AG.

2.2 Etil Merkaptan

Etil merkaptan merupakan cairan atau gas yang hampir tidak berwarna dengan bau yang tajam, seperti bawang putih atau berbau busuk, memiliki titik didih yang rendah (titik didih 97°F) dan memiliki titik nyala pada -55°F. Memiliki massa jenis yang lebih ringan dari air dan sangat sedikit larut dalam air. Uapnya lebih berat dari udara dan dapat menyebabkan iritasi pada hidung dan tenggorokan, berbahaya jika tertelan, terhirup atau kontak langsung dengan merkaptan. Biasanya digunakan sebagai zat yang ditambahkan untuk gas yang tidak berbau seperti butana, propana, dan *petroleum* agar memiliki bau. (NFPA, 2010)

Bahaya yang dapat ditimbulkan oleh Etil merkaptan diantaranya sebagai berikut :

- Kontak langsung dapat menyebabkan iritasi pada kulit dan mata.
- Menghirup Etil merkaptan dapat menyebabkan iritasi hidung dan tenggorokan.

- Menghirup Etil merkaptan juga dapat menyebabkan iritasi pada paru-paru yang dapat menyebabkan batuk ataupun sesak napas. Menghirup dalam jumlah yang banyak dapat menyebabkan bahaya yaitu terdapat cairan di paru-paru (*pulmonary edema*).
- Menghirup etil merkaptan dapat menyebabkan pusing, mual, diare, lemah otot, kejang dan juga kelelahan.. Dalam jumlah yang banyak dapat menyebabkan koma bahkan sampai kematian.
- Menghirup etil merkaptan yang berulang ulang atau dalam waktu yang lama dapat menyebabkan kerusakan hati dan ginjal.
- Etil merkaptan juga merupakan cairan atau gas yang memiliki tingkat kemudahan terbakar (flammability) tingkat 4. (*Material Safety Data Sheet*, 2000)

Berikut adalah sifat fisik dari etil merkaptan;

PROPERTI FISIK
Titik didih: 35 ° C Titik lebur: -144,4 ° C Kepadatan relatif (air = 1): 0,839 Kelarutan dalam air, g / 100ml pada 20 ° C: 0.68 Tekanan uap, kPa pada 20 ° C: 58,9 Berat jenis uap relatif (udara = 1): 2.14 Kepadatan relatif dari uap / udara campuran pada 20 ° C (udara = 1): 1,5 Titik nyala: -48,3 ° C Temperatur pengapian: 299 ° C Batas ledakan, vol% di udara: 2,8-18,2 Oktanol / koefisien partisi air sebagai log Pow: 1.5

Gambar 2.1 Properti Fisik Etil Merkaptan

(*International Chemical Safety Cards*, 2004)

Gambar tersebut diatas merepresentasikan sifat fisik dari etil merkaptan dimana disebutkan bahwa etil merkaptan memiliki titik didih 35°C , berarti pada suhu 35°C tekanan uap etil merkaptan didalam tabung (drum) sama dengan tekanan udara diluar tabung sehingga dapat terjadi proses pendidihan. Etil merkaptan juga disebut sebagai cairan yang sangat mudah terbakar (*extremely flammable*), hal ini dikarenakan etil merkaptan memiliki titik nyala (*flash point*) -48.3°C . Titik nyala ialah temperatur terendah dari suatu zat untuk menyala bila tersentuh api (menyala sekejap).

Persyaratan Penanganan dan Penyimpanan Etil Merkaptan :

- Sebelum bekerja dengan etil merkaptan Anda harus dilatih tentang penanganan dan penyimpanan yang tepat.
- Etil merkaptan harus disimpan agar terhindar dari kontak dengan oksidator (seperti perklorat, peroksida, permanganat, klorat, nitrat, klorin, bromin, dan fluorin); basa kuat (seperti natrium hidroksida dan kalium hidroksida); Asam kuat (seperti klorida, sulfat, dan nitrat); dan kalsium hipoklorit sejak reaksi kekerasan terjadi.
- Simpan dalam wadah tertutup rapat di tempat yang sejuk, berventilasi baik, jauh dari sinar matahari, panas dan karet.
- Sumber api, seperti merokok dan percikan api, dilarang pada saat etil merkaptan ditangani, digunakan, atau disimpan.
- Hanya menggunakan alat yang non-sparking terutama ketika membuka dan menutup wadah etil merkaptan. (Anonim, 1999).

2.3 Keselamatan dan Kesehatan Kerja

Keselamatan dan kesehatan kerja dewasa ini merupakan istilah yang sangat populer. Bahkan di dalam dunia industri istilah tersebut lebih dikenal dengan singkatan K3 yang artinya keselamatan, dan kesehatan kerja.

Keselamatan dan Kesehatan Kerja sebagai suatu program didasari pendekatan ilmiah dalam upaya mencegah atau memperkecil terjadinya bahaya (*hazard*) dan risiko (*risk*) terjadinya penyakit dan kecelakaan, maupun kerugian-kerugian lainnya yang mungkin terjadi. Jadi dapat dikatakan bahwa Keselamatan dan Kesehatan Kerja adalah suatu pendekatan ilmiah dan praktis dalam mengatasi potensi bahaya dan risiko kesehatan dan keselamatan yang mungkin terjadi. (Rijanto, 2010)

2.3.1. Pengertian Keselamatan Kerja

Keselamatan berasal dari bahasa Inggris yaitu kata '*safety*' dan biasanya selalu dikaitkan dengan keadaan terbebasnya seseorang dari peristiwa celaka (*accident*) atau nyaris celaka (*near-miss*). Jadi pada hakekatnya keselamatan sebagai suatu pendekatan keilmuan maupun sebagai suatu pendekatan praktis mempelajari faktor-faktor yang dapat menyebabkan terjadinya kecelakaan dan berupaya mengembangkan berbagai cara dan pendekatan untuk memperkecil resiko terjadinya kecelakaan (Syaaf, 2007).

2.3.2. Pengertian Kesehatan Kerja

Menurut Organisasi Kesehatan Dunia (*WHO*) tahun 1948 menyebutkan bahwa pengertian kesehatan adalah sebagai "suatu keadaan fisik, mental, dan sosial kesejahteraan dan bukan hanya ketiadaan penyakit atau kelemahan". Pada tahun 1986, WHO, dalam Piagam Ottawa untuk Promosi Kesehatan, mengatakan bahwa pengertian kesehatan adalah "sumber daya bagi kehidupan sehari-hari, bukan tujuan hidup. Kesehatan

adalah konsep positif menekankan sumber daya sosial dan pribadi, serta kemampuan fisik.

Suma'mur (2004) memberikan definisi kesehatan kerja sebagai: "Spesialisasi dalam ilmu kesehatan / kedokteran beserta prakteknya yang bertujuan agar pekerja / masyarakat pekerja memperoleh derajat kesehatan setinggi - tingginya, baik fisik, mental maupun sosial dengan kesehatan yang diakibatkan faktor-faktor pekerjaan dan lingkungan kerja serta terhadap penyakit-penyakit umum". Kesehatan kerja adalah suatu kondisi kesehatan yang bertujuan agar masyarakat pekerja memperoleh derajat kesehatan setinggi-tingginya, baik jasmani, rohani, maupun sosial, dengan usaha pencegahan dan pengobatan terhadap penyakit atau gangguan kesehatan yang disebabkan oleh pekerjaan dan lingkungan kerja maupun penyakit umum.

2.3.3. Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)

Keselamatan dan Kesehatan Kerja merupakan satu upaya perlindungan yang diajukan kepada semua potensi yang dapat menimbulkan bahaya. Hal tersebut bertujuan agar tenaga kerja dan orang lain yang ada di tempat kerja selalu dalam keadaan selamat dan sehat serta semua sumber produksi dapat digunakan secara aman dan efisien (Suma'mur, 2004).

Keselamatan dan kesehatan kerja pada dasarnya mencari dan mengungkapkan kelemahan yang memungkinkan terjadinya kecelakaan. Maka menurut Mangkunegara (2002) tujuan dari keselamatan dan kesehatan kerja adalah sebagai berikut:

- a) Agar setiap pegawai mendapat jaminan keselamatan dan kesehatan kerja baik secara fisik, sosial, dan psikologis.
- b) Agar setiap perlengkapan dan peralatan kerja digunakan sebaik-baiknya selektif mungkin.

- c) Agar semua hasil produksi dipelihara keamanannya.
- d) Agar adanya jaminan atas pemeliharaan dan peningkatan kesehatan gizi pegawai.
- e) Agar meningkatkan kegairahan, keserasian kerja, dan partisipasi kerja.
- f) Agar terhindar dari gangguan kesehatan yang disebabkan oleh lingkungan atau kondisi kerja.
- g) Agar setiap pegawai merasa aman dan terlindungi dalam bekerja

Jadi dapat disimpulkan bahwa keselamatan dan kesehatan kerja merupakan kondisi dimana seseorang merasa aman dan nyaman pada saat melakukan pekerjaannya dan terhindar dari resiko kecelakaan yang dapat menciderainya baik lahiriyah maupun batiniyah dengan cara memperhatikan dan melaksanakan peraturan keselamatan kerja yang dianjurkan oleh perusahaan ataupun pemerintah.

2.4 Analisis Resiko

Salah satu cara untuk mencegah terjadinya kecelakaan kerja yaitu dengan menganalisis resiko dari tempat kerja ataupun peralatan yang digunakan untuk bekerja. Metode yang banyak digunakan untuk mengidentifikasi dan menganalisis resiko bahaya yang mungkin terjadi pada sebuah plant saat ini adalah metode HAZOP (*Hazard and Operability Analysis*).

Teknik Analisis *Hazard and Operability* (HAZOP) didasarkan pada prinsip bahwa beberapa ahli dengan latar belakang yang berbeda dapat berinteraksi secara kreatif, cara yang sistematis dan mengidentifikasi lebih banyak masalah ketika bekerja bersama-sama daripada ketika bekerja secara terpisah dan menggabungkan hasil mereka. Meskipun teknik Analisis HAZOP pada awalnya dikembangkan untuk evaluasi desain baru atau teknologi, itu berlaku untuk hampir semua fase seumur hidup proses ini. Inti dari Analisis HAZOP adalah

pendekatan untuk meninjau gambar proses dan / atau prosedur dalam serangkaian pertemuan, di mana tim multidisiplin menggunakan protokol yang ditentukan metodis mengevaluasi signifikansi penyimpangan dari maksud desain normal. *Imperial Chemical Industries* (ICI) awalnya didefinisikan teknik Analisis HAZOP mengharuskan studi HAZOP dilakukan oleh tim interdisipliner.

Studi HAZOP berfokus pada titik-titik tertentu dari proses atau operasi yang disebut "Node studi," bagian proses, atau langkah-langkah operasi. Satu per satu, HAZOP Tim yang meneliti setiap bagian atau langkah untuk penyimpangan proses yang berpotensi berbahaya yang berasal dari satu set kata panduan. Salah satu tujuan dari kata-kata panduan adalah untuk memastikan bahwa semua penyimpangan yang relevan dari parameter proses dievaluasi. Kadang-kadang, tim mempertimbangkan jumlah yang cukup besar dari penyimpangan (yaitu, hingga 10 sampai 20) untuk setiap bagian atau langkah dan mengidentifikasi penyebab potensialnya dan konsekuensinya. Biasanya, semua penyimpangan untuk bagian atau langkah yang diberikan dianalisis oleh tim sebelum melanjutkan lebih lanjut. (*Hazard Evaluation Procedure*, 1992).

Dalam pendekatan ICI (*Imperial Chemical Industries*), setiap kata panduan dikombinasikan dengan proses yang relevan parameter dan diterapkan pada setiap titik (studi node, bagian proses, atau langkah operasi) dalam proses yang sedang diperiksa. Berikut ini adalah contoh dari menciptakan penyimpangan menggunakan kata-kata panduan dan parameter proses:

<u>Guide Words</u>		<u>Parameter</u>		<u>Deviation</u>
NO	+	FLOW	=	NO FLOW
MORE	+	PRESSURE	=	HIGH PRESSURE
AS WELL AS	+	ONE PHASE	=	TWO PHASE
OTHER THAN	+	OPERATION	=	MAINTENANCE

Gambar 2.2 Prosedur pembuatan deviasi menggunakan *guide words* dan *parameter*

(Guidlines for Hazard evaluation procedures second edition with worked examples)

Prosedur pemeriksaan menggunakan deskripsi lengkap dari proses yang akan hampir tidak bervariasi, termasuk P & ID atau setara, dan sistematis mempertanyakan setiap bagian dari itu untuk menemukan bagaimana penyimpangan dari tujuan awal desain dapat terjadi dan menentukan apakah penyimpangan tersebut dapat menimbulkan bahaya.

Berikut adalah terminologi HAZOP yang umum digunakan :

Tabel 2.1 Terminologi analisis HAZOP

Istilah	Definisi
<i>Process section</i>	Bagian dari peralatan dengan batas-batas yang pasti (misalnya, tina sebuah antara dua kapal) di mana parameter proses yang diselidiki untuk penyimpangan. Lokasi di P & ID di mana parameter proses diselidiki untuk penyimpangan (misalnya, reaktor)
Langkah Operasi	Tindakan diskrit dalam proses batch atau prosedur yang dianalisis oleh tim analisis HAZOP.

	Mungkin manual, otomatis, atau menggunakan <i>software</i> . Penyimpangan diterapkan untuk setiap langkah yang agak berbeda dari yang digunakan untuk proses yang berkesinambungan
<i>Intention</i>	Definisi bagaimana plan diharapkan untuk beroperasi tanpa adanya penyimpangan. Membawa sejumlah bentuk dan dapat berupa deskriptif atau diagram (misalnya, proses deskripsi, flowsheets, diagram garis, P & ID)
<i>Guide words</i>	Kata-kata sederhana yang digunakan untuk memenuhi syarat atau mengukur tujuan desain dan untuk membimbing dan merangsang proses brainstorming untuk mengidentifikasi bahaya proses
Parameter Proses	Properti fisik atau kimia yang terkait dengan proses. Termasuk item umum seperti reaksi, pencampuran, konsentrasi, pH, dan barang-barang tertentu seperti suhu, tekanan, fase, dan aliran
Penyimpangan (<i>deviations</i>)	Permulaan dari tujuan desain yang ditemukan oleh sistematis menerapkan kata-kata panduan untuk memproses parameter (Aliran, tekanan, dll) menghasilkan daftar bagi tim untuk meninjau (tidak ada aliran, tekanan tinggi, dll) untuk setiap bagian proses, belajar sering melengkapi

	daftar mereka dari penyimpangan dengan item ad hoc
Penyebab (<i>Causes</i>)	Alasan mengapa penyimpangan yang mungkin terjadi. Setelah penyimpangan telah terbukti memiliki penyebab yang kredibel, dapat diperlakukan sebagai bermakna deviasi. penyebab ini bisa menjadi kegagalan hardware, kesalahan manusia, negara proses yang tak terduga (misalnya, perubahan komposisi), eksternal gangguan (misalnya, kehilangan daya), dll
Konsekuensi (<i>Consequences</i>)	Hasil penyimpangan (misalnya, pelepasan bahan beracun). Biasanya, Tim berasumsi sistem proteksi aktif gagal bekerja. Minorkonsekuensi, tidak terkait dengan tujuan penelitian, tidak dianggap.
<i>Safeguards</i>	Sistem rekayasa atau kontrol administratif yang dirancang untuk mencegah penyebab atau mengurangi konsekuensi dari penyimpangan (misalnya, proses alarm, interlock, prosedur)
<i>Action (or Recommendation)</i>	Saran untuk perubahan desain, perubahan prosedural, atau area untuk studi lebih lanjut (misalnya, menambahkan alarm tekanan berlebihan atau

	membalikkan urutan dua langkah operasi)
--	---

Guide Words	Meaning
No	Negation of the Design Intent
Less	Quantitative Decrease
More	Quantitative Increase
Part Of	Qualitative Decrease
As Well As	Qualitative Increase
Reverse	Logical Opposite of the Intent
Other Than	Complete Substitution

Gambar 2.3 Guide words dan arti dalam HAZOP analysis

(Guidelines for Hazard evaluation procedures second edition with worked examples)

Berikut parameter proses yang umum digunakan pada analisis HAZOP :

Flow	Time	Frequency	Mixing
Pressure	Composition	Viscosity	Addition
Temperature	pH	Voltage	Separation
Level	Speed	Information	Reaction

Gambar 2.4 Parameter yang biasa digunakan dalam HAZOP analysis

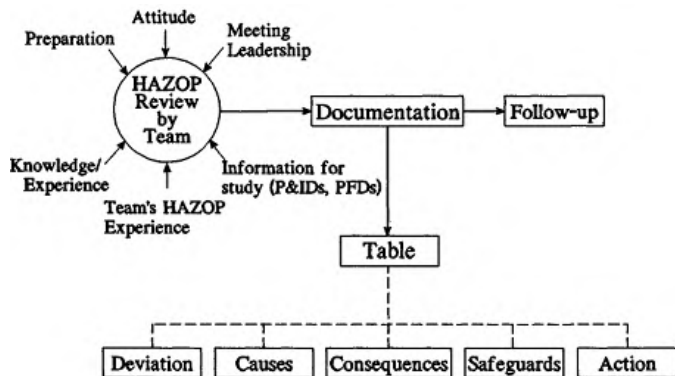
(Guidelines for Hazard evaluation procedures second edition with worked examples)

Dengan parameter tertentu, beberapa modifikasi dari kata-kata panduan mungkin perlu. Selain itu, analis sering menemukan bahwa beberapa penyimpangan potensial tidak relevan karena keterbatasan fisik. Sebagai contoh, jika parameter suhu sedang dipertimbangkan, kata-kata panduan "lebih atau" kurang "mungkin satu-satunya kemungkinan.

2.4.1. Prosedur Analisis

Konsep yang disajikan di atas dimasukkan ke dalam praktek di langkah-langkah berikut:

1. mempersiapkan *review*
2. melakukan *review*
3. mendokumentasikan hasil. Sebagai contoh, di beberapa kasus tim dapat meninjau desain, merekam temuan, dan melakukan tindak lanjut dibandingkan periode yang sama dari beberapa minggu atau bulan. Meskipun demikian, langkah-langkah dibahas secara terpisah seolah-olah mereka dieksekusi satu per satu.



Gambar 2.5 Overview of the Hazop analysis technique

(Guidelines for Hazard evaluation procedures second edition with worked examples)

2.4.2. Dokumentasi Hasil Analisis

Proses perekaman adalah bagian penting dari studi HAZOP. Biasanya, hasil pertemuan HAZOP dicatat dalam format tabular. Namun, item tindakan dapat direkam secara terpisah. Berikut adalah contoh tabel dokumentasi analisa HAZOP :

Team: _____ Meeting Date: _____	Drawing Number: _____ Revision Number: _____
--	---

Item No.	Deviation	Causes	Consequences	Safeguards	Actions
----------	-----------	--------	--------------	------------	---------

Study node, process section, or operating step description

 Definition of design intention

Gambar 2.6 Tabel dokumentasi HAZOP analysis

(Guidlines for Hazard evaluation procedures second edition with worked examples)

2.5 Kondisi Existing System

Etil Merkaptan (C_2H_5SH) adalah zat pembau (*odorizer*) yang berfungsi untuk memberikan bau pada gas LPG agar apabila terjadi kebocoran ataupun paparan gas LPG dapat segera diketahui. Proses penginjeksian etil merkaptan dilakukan bersamaan dengan proses transfer LPG dari kapal tanker ke *storage tank* LPG sehingga merkaptan langsung tercampur dengan LPG. *Mercaptan injection unit* terletak di dekat area metering unit. Etil Merkaptan tersimpan dalam 2 buah drum dan menggunakan 2 pompa jenis plunger untuk menginjeksikan ke pipa utama LPG. Mercaptan area dapat dilihat pada gambar 2.7 di bawah ini.



Gambar 2.7 Etil Merkaptan Storage Tank Area

(Dokumentasi pribadi penulis, 2015)

Tekanan yang diberikan untuk menginjeksikan merkaptan adalah sebesar 7 bar. Jumlah merkaptan yang diinjeksikan ke dalam campuran gas LPG adalah sebesar 24-30 mL untuk setiap satu ton LPG. Pada proses penginjeksian hanya 1 pompa dan 1 drum yang digunakan, sedangkan yang lain stand-by. Proses penginjeksian menggunakan sistem pneumatis.

Pada area etil merkaptan *storage tank* sudah dilengkapi dengan alat pemadam kebakaran jenis *portable-powder* dan juga disekeliling *storage tank* sudah terpasang sprinkle untuk mengurangi bau dari etil merkaptan ketika proses transfer etil merkaptan berlangsung.

2.6 Perpindahan Kalor

- **Konduksi**

Konduksi adalah perpindahan panas karena adanya kontak langsung antar permukaan benda. Persamaan yang dapat digunakan untuk menghitung perpindahan panas secara konduksi :

$$q_{cond} = -kA \frac{\Delta T}{x} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

q_{cond} = laju perpindahan panas secara konduksi [W]

k = konduktivitas termal [W/m °C]

A = luas penampang yang dilewati panas [m²]

ΔT = perbedaan temperature [°C]

x = tebal penampang [m]

- **Konveksi**

Konveksi adalah proses perpindahan panas yang terjadi antara permukaan padat dengan fluida yang mengalir di sekitarnya. Aliran fluida berlangsung sendiri karena perbedaan masa jenis akibat perbedaan temperature dan juga dapat dipaksa dengan menggunakan kompresor. Persamaan yang dapat digunakan:

$$q_{conv} = h_c A \Delta T \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :

q_{conv} = laju perpindahan panas secara konveksi [W]

A = luas penampang yang dilewati panas [m²]

ΔT = perbedaan temperature [°C]

h_c = koef. pindah panas [W/m² °C]

- **Radiasi**

Radiasi adalah proses perpindahan panas dengan pancaran/sinaran/radiasi gelombang elektromagnetik tanpa memerlukan media perantara. Persamaan yang dapat digunakan:

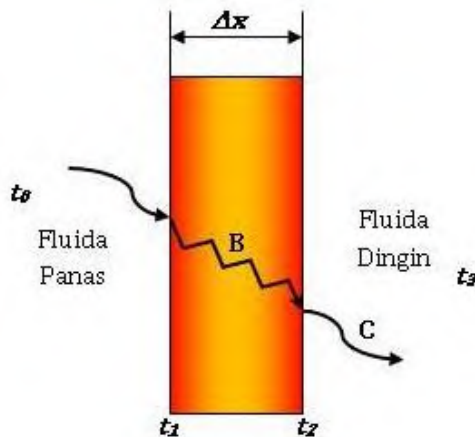
$$q_r = \sigma A (T_1^4 - T_2^4) \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :

q_r = energi radiasi [W]

- A = luas permukaan [m^2]
 σ = konstanta Boltzman [$5.669 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$]
 T_1 = suhu pada permukaan benda [K]
 T_2 = suhu yang mengelilingi benda [K]

- Perpindahan Kalor pada Plat Datar
 Perpindahan kalor pada plat datar terlihat seperti pada gambar dibawah ini ;



Gambar 2.8 Proses perpindahan kalor pada plat datar

(hendriksumarauw.blogspot.co.id/p/perpindahan-kalor-1.html)

Pada gambar diatas terlihat bahwa proses perpindahan panas pada plat datar terjadi dari fluida panas ke fluida dingin (t_0 ke t_3). Pada proses perpindahan kalor ini terjadi proses konveksi-konduksi-konveksi. Besarnya nilai perpindahan kaor dipengaruhi oleh tebal plat dan juga material dari plat yang dilalui oleh kalor. Semakin tebal plat maka semakin kecil nilai perpindahan kalornya. Karena plat disini berperan sebagai hambatan kalor.

Untuk menghitung besarnya perpindahan kalor pada plat datar dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$q = U \cdot A \cdot \Delta T \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_A} + \frac{\Delta x}{k_B} + \frac{1}{h_C}} \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan :

U = koef. perpindahan panas menyeluruh [$\text{W/m}^2\text{°C}$]

A = Luas permukaan plat [m^2]

ΔT = Beda temperatur [°C]

h_A = koef. pindah panas pada titik A [$\text{W/m}^2\text{°C}$]

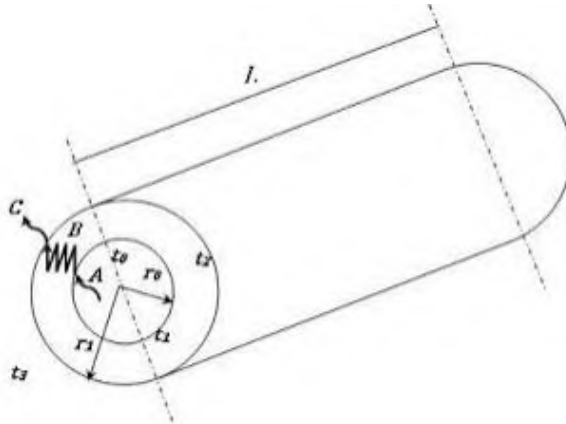
Δx = tebal plat [m]

k_B = konduktifitas termal plat [$\text{W/m}^2\text{°C}$]

h_C = koef. pindah panas pada titik B [$\text{W/m}^2\text{°C}$]

- **Perpindahan Kalor pada Silinder**

Pada silinder atau tabung, proses perpindahan kalor terjadi secara konveksi (dari fluida didalam silinder ke dinding silinder bagian dalam), kemudian dilanjutkan dengan proses konduksi (dari permukaan dinding silinder bagian dalam ke permukaan dinding silinder bagian luar), dan terjadi lagi perpindahan kalor konveksi (dari permukaan dinding bagian luar ke fluida diluar silinder). Seperti terlihat pada gambar berikut :



Gambar 2.9 Proses perpindahan kalor pada silinder

(hendriksumarauw.blogspot.co.id/p/perpindahan-kalor-1.html)

Besarnya perpindahan kalor menyeluruh pada silinder dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$Q = \frac{(t_i - t_o)}{\frac{1}{h_i A_i} + \frac{\ln\left(\frac{r_o}{r_i}\right)}{2\pi k L} + \frac{1}{h_o A_o}} \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan :

Q = perpindahan kalor menyeluruh [W]

t_i = temperatur fluida didalam silinder [°C]

t_o = temperatur fluida diluar silinder [°C]

h_i = koef pindah panas fluida dalam silinder [W/m² °C]

A_i = Luas silinder bagian dalam [m²]

r_o = Jari jari luar slinder [m]

r_i = Jari jari dalam slinder [m]

h_o = koef pindah panas fluida diluar silinder [W/m² °C]

Δx = Tebal dinding silinder [m]

k = konduktifitas termal dinding silinder [W/m°C]

A_o = Luas silinder bagian luar [m²]

L = Panjang silinder [m]

- Menentukan besarnya koefisien pindah panas fluida didalam silinder.
Koefisien pindah kalor fluida didalam silinder dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$\frac{h_i D}{k} = 0.023 \left(\frac{v D \rho}{\mu} \right) \left(\frac{c_p \mu}{k} \right) \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan :

h_i = koef. pindah panas fluida [W/m² °C]

D = Diameter [m]

k = konduktifitas termal slinder [W/m °C]

v = kecepatan aliran fluida [m/s]

ρ = massa jenis fluida [kg/m³]

μ = viskositas fluida [Pa.s]

c_p = kalor jenis [J/kg °C]

II.7 Insulasi Panas

Insulasi dapat didefinisikan sebagai material atau kombinasi dari beberapa material yang akan menghambat aliran panas. Adanya insulasi dapat memberikan beberapa manfaat, diantaranya menghemat energi dengan mengurangi *heat loss*, menjaga suhu permukaan, mencegah aliran uap dan kondensasi pada permukaan yang dingin.

Insulasi termal ini dibagi menjadi 3 range suhu:

- Low Temperature Thermal Insulation*
 - Air dingin (15°C sampai 0°C)
 - *Refrigeration* atau *glycol* (0°C sampai -75°C)
- Intermediate Temperature thermal Insulation*
 - Air panas dan *steam condensate* (16°C sampai 100°C)
 - Uap dan air panas temperatur tinggi (101°C sampai 315°C)

c. *High Temperature Thermal Insulation*

- Untuk *turbine, exhaust, incenerators, dan boiler* (316°C sampai 815°C)

Ada tiga macam insulasi yang biasa digunakan diantaranya adalah sebagai berikut :

a. *Fibrous Insulation* (Isolasi Berserat)

Terdiri dari serat berdiameter kecil yang halus membagi ruang udara. Serat bisa saja tegak lurus atau sejajar dengan permukaan yang terisolasi, dan ada yang terikat ada juga yang tidak terikat bersama. Silika, rock wool, slag wool dan silika alumina serat yang digunakan, isolasi yang paling banyak digunakan dari jenis ini adalah serat kaca dan mineral wool. Kaca serat dan produk mineral wool biasanya seratnya telah terikat bersama-sama dengan pengikat organik.

b. *Cellular Insulation* (Isolasi Seluler)

Terdiri dari sel-sel individual kecil terpisah satu sama lain. seluler materi mungkin kaca atau plastik berbusa seperti *polystyrene* (sel yang tertutup), *polyisocyanurate* dan *elastomer*.

c. *Granular Insulation* (Isolasi Granular)

Terdiri dari nodul kecil yang mungkin berisi rongga atau ruang kosong. Ini tidak dianggap sebagai bahan selular karena gas dapat ditransfer antara ruang individu. Jenis ini dapat diproduksi sebagai bahan longgar atau dituang, atau dikombinasikan dengan pengikat dan serat atau mengalami reaksi kimia untuk membuat isolasi kaku. Contoh isolasi ini adalah kalsium silikat, diperluas vermiculite, perlite, selulosa, tanah diatom dan polystyrene diperluas.

Besarnya nilai koefisien pindah panas pada insulasi dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$U = \frac{1}{\frac{D_3 \cdot \ln\left(\frac{D_3}{D_2}\right)}{2 \cdot k_{INS}} + \frac{1}{h_{OUT}}} \dots\dots\dots(6)$$

Dimana:

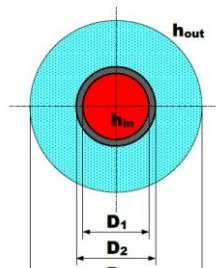
U = koefisien perpindahan panas total [$\text{W/m}^2 \text{ K}$]

D_3 = diameter luar insulasi [mm]

D_2 = diameter luar pipa [mm]

k_{INS} = konduktivitas termal insulasi [W/m K]

h_{OUT} = koefisien perpindahan panas insulasi [$\text{W/m}^2 \text{ K}$]



Gambar 2.102 cross section of insulated pipe

(Applied Industrial Energy and Environmental Management Part III)

Berikut adalah tabel material insulasi pipa dari temperatur rendah hingga temperatur tinggi :

Tabel 2.2 *Material Insulation Low Temperature*

Type	Form	Temp. Range	K-Factor* Metric/ Imperial	Mean Temp. C (F)	Notes
GLASS CELLULAR	Pipe Covering Block	-268°C to 427°C -450°F to 800°C	.048 (.33) @	4° (40°)	Good strength, water and vapour resistant, non-combustible, poor abrasion resistance.
GLASS FIBER	Pipe Covering Board Blanket	to 455°C to (850°F) to 538°C to (1000°F) to 538°C to (1000°F)	.035 (.24) @ .032 (.22) @ .030 (.21) @	4° (40°) 4° (40°) 4° (40°)	Good workability, non-combustible, water absorbent. Readily available. Vapour retarder required. Low compressive strength.
ELASTOMERIC FOAM	Pipe Sheet Roll	-40°C to 104°C -40°F to 220°F	.038 (.27) @	10° (50°)	Closed cell good workability, finish not required. Limited thickness to meet flame spread/smoke. Required UV protection.
POLYSTYRENE (Extruded)	Pipe Covering Board	-183°C to 74°C -297°F to 165°F	.035 (.24) @	4° (40°)	Lightweight, good, workability. Check manufacturers' data. Combustible. Some are treated for fire retardancy. All are closed cell except polystyrene expanded.
POLYSTYRENE (Expanded)	Pipe Covering Board	-40°C to 80°C -40°F to 175°F	.036 (.25) @	4° (40°)	
POLYURETHANE	Pipe Covering Sheet	-40°C to 107°C -40°F to 212°F	.025 (.18) @	4° (40°)	K-value may change as these materials age. Combustible. High flame spread and smoke.
POLYURETHANE	Pipe Covering Sheet Roll	-70° C to 100°C -94°C to 212°F	.036 (.25) @	10° (50°)	
POLYISOCYANURATE	Pipe Covering Sheet	-183°C to 140°C -297°F to 300°F	.025 (.18) @	4° (40°)	Lightweight, good workability. Check manufacturers' data. Some are treated for fire retardancy. K Values may change with age.

Tabel 2.3 *Material Insulation Intermediate Temperature*

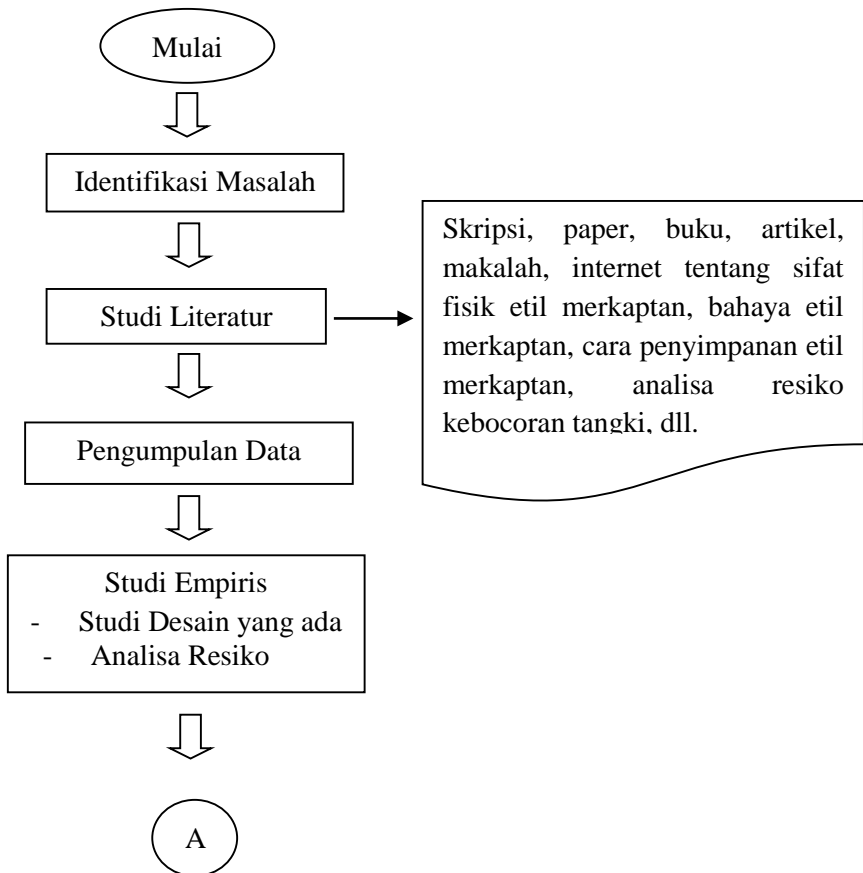
Type	Form	Temp. Range	K-Factor* Metric/ Imperial	Mean Temp. C (F)	Notes
CALCIUM SILICATE	Pipe Covering Block Segments Type I	to 649°C (1200°F)	.065 (.45) @	93° (200°)	High compression strength, good workability, water absorbent, non-combustible. High flexural strength. Resistant to abrasion. See manufacturers' data for shrinkage factors.
GLASS CELLULAR	Pipe Covering Block Segments	to 427°C (800°F)	.050 (.35) @ .063 (.44) @	24° (75°) 93° (200°)	Good strength, water and vapour resistant, non-combustible, poor abrasion resistance. Subject to thermal shock. For applications over 204°C (400°F) see manufacturers' specifications.
GLASS FIBER	Pipe Covering Board	to 455°C (850°F) to 538°C (1000°F)	.037 (.26) @ .033 (.23) @	24° (75°) 24° (75°)	Good workability, non-combustible, water absorbent. Low compression resistance.
GLASS FIBER	Blanket	to 538°C (1000°F)	.033 (.23) @	24° (75°)	General purpose material, many facings available.
MINERAL FIBER	Pipe Covering Block Board Blanket	to 649°C (1200°F) to 1035°C (1895°F) to 649°C (1200°F) to 649°C (1200°F)	.037 (.26) @ .037 (.26) @ .037 (.26) @ .048 (.33) @	24° (75°) 24° (75°) 24° (75°) 24° (75°)	Good workability, non-combustible. Water absorbent. Low compression resistance.
PERLITE (Expanded)	Pipe Covering Board	to 649°C (1200°F)	.076 (.53) @	93° (200°)	Good workability, non-combustible. Poor abrasion resistance. Special packaging required to protect materials. Corrosion inhibitor.
ELASTOMERIC FOAM	Pipe Covering-I Sheet-II Roll	-40°C to 105°C -40°F to 220°F	.043 (.30) @	24° (75°)	Closed cell, finish not required, good workability. May require UV protection. Flame spread/smoke limited)
POLYSTYRENE (Extruded)	Pipe Covering Board	-183°C to 74°C -297°F to 165°F	.037 (.26) @	24° (75°)	Lightweight, excellent workability, combustible although some are treated for fire retardancy (check manufacturers' data sheet for properties)
POLYSTYRENE (Expanded)	Pipe Covering Board	-40°C to 80°C -40°F to 175°F	.039 (.27) @	24° (75°)	High flame spread/smoke. Check manufacturers' data sheets for values. K value may change as these materials age.
POLYURETHANE	Pipe Covering	-40°C to 105°C -40°F to 225°F	.027 (.19) @	24° (75°)	

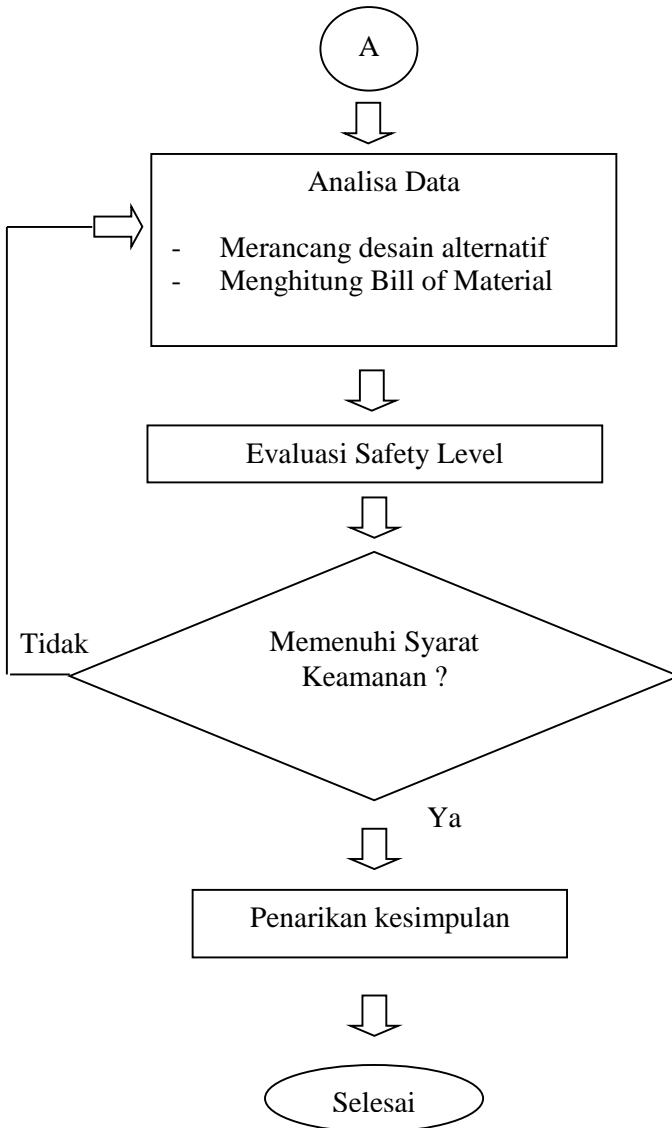
POLYETHYLENE	Pipe Covering	-70°C to 100°C -94°F to 212°F	.037 (.26) @	24° (75°)	
POLYISOCYANURATE	Pipe Covering Board	-183°C to 149°C -297°F to 300°F	.027 (.19) @	24° (75°)	Lightweight, good workability. Check manufacturers' data sheets. Some are treated for fire retardancy. K values may change with age

BAB III METODOLOGI

3.1 Flowchart

Dalam pengerjaan skripsi ini menggunakan metodologi seperti pada flowchart di bawah ini:





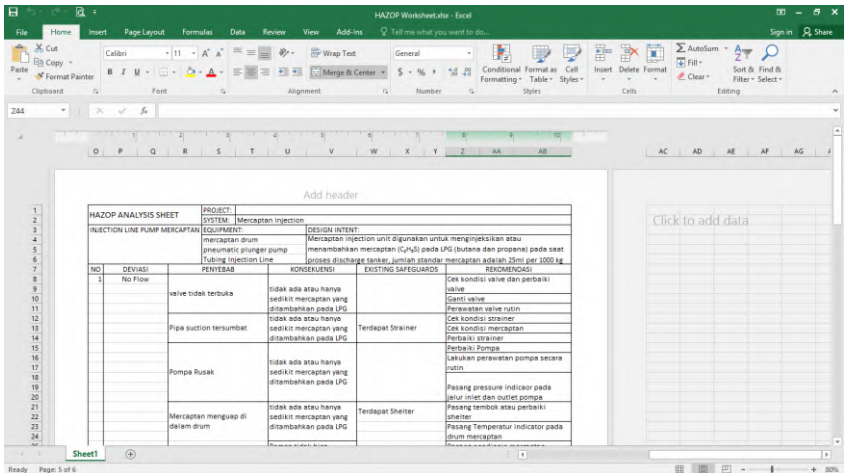
3.2 Deskripsi Flowchart

Untuk menyelesaikan masalah diatas akan digunakan metode analisis dan perhitungan.

1. Identifikasi Masalah
Mengenali permasalahan yang akan di selesaikan, baik dari segi kelebihan maupun kekurangan.
2. Studi Literatur
Melalui paper, buku, artikel, makalah, internet tentang sifat fisik etil merkaptan, bahaya etil merkaptan, cara penyimpanan etil merkaptan, analisa resiko kebocoran tangki, dan memahami metode yang akan digunakan dalam tugas akhir ini. Adapun metode yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah *Hazard and Operability Study (HAZOP)*.
3. Pengumpulan Data
Pada tahap pengumpulan data ini dilakukan pengumpulan jenis data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari observasi langsung dan wawancara kepada operator dan supervisor. Sedangkan data sekunder yang digunakan adalah *Proccess Flow Diagram*, layout plant, MSDS, data kegagalan komponen selama 5 tahun terakhir, dan dokumen – dokumen lain yang menunjang penyusunan tugas akhir.
4. Studi Empiris
Pada tahap ini terdapat 2 poin, yaitu :
 - Analisa Resiko
Melakukan analisa resiko terhadap kondisi sistem. Analisa resiko yang dilakukan disini menggunakan metode *HAZOP Analysis* yang merupakan metode analisis resiko secara kualitatif. Pada tahap ini akan didapatkan

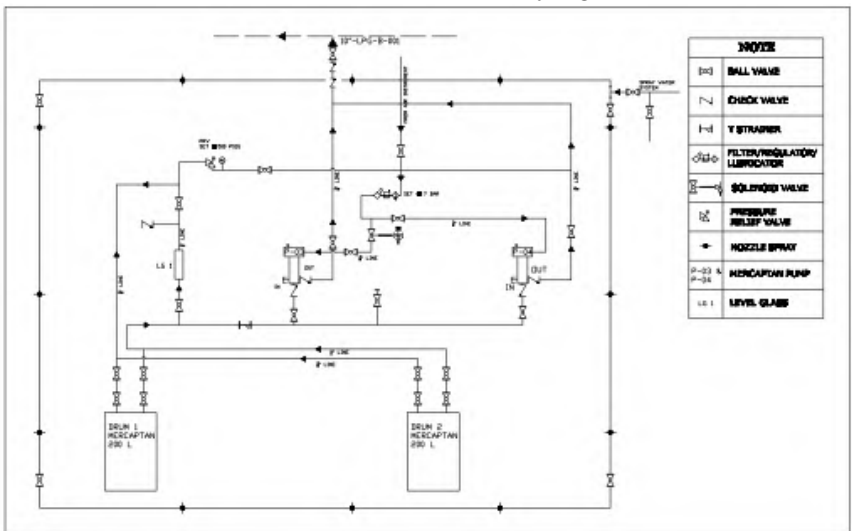
penyimpangan apa yang terjadi pada sistem, apakah penyebabnya, bagaimana dampaknya terhadap sistem, apakah sudah ada sistem pengamanannya, dan juga apa saran yang diberikan penulis terhadap kondisi tersebut.

Proses analisis resiko ini dilakukan dengan bantuan *software microsoft excel*. Dari data maintenance yang dilakukan oleh terminal, didapatkan data-data permasalahan yang sering terjadi di Terminal LPG, dan dari data tersebut dilakukan analisis resiko apakah penyebabnya, dan bagaimana dampaknya terhadap sistem dan bagaimana dampaknya terhadap terminal LPG. Apakah sudah ada sistem pengamanannya, jika belum apa solusi yang ditawarkan. Berikut adalah proses pengerjaannya :



Gambar 3.1 HAZOP analysis menggunakan *software Ms. Excel*

- Studi desain sistem yang sudah ada
Mempelajari desain sistem yang ada, mulai dari komponen apa saja yang terdapat didalam sistem dan juga bagaimana cara kerja dari sistem, selain itu juga mengidentifikasi hal hal yang dapat menyebabkan resiko kebocoran etil merkaptan. Desain yang sudah ada berupa P&ID sistem instalasi etil merkaptan dari perusahaan terkait. Berikut adalah desain sistem yang sudah ada :



Gambar 3.2 Desain sistem instalasi etil merkaptan dari Terminal LPG Semarang

(Terminal LPG Semarang)

5. Analisa Data

Analisa data yang dilakukan berupa perancangan desain alternatif yang akan ditambahkan pada sistem

instalasi etil merkaptan. Analisa data yang dilakukan meliputi:

- Perhitungan laju perpindahan kalor drum etil merkaptan
- Perhitungan laju aliran masa air pendingin
- Penentuan pipa transfer air pendingin
- Perhitungan total head pada pipa sistem pendingin
- Penentuan pompa sistem pendingin
- Perancangan desain alternatif dari sistem yang diamati 2D (dua dimensi), dan *isometric drawing*.
- Perhitungan insulasi pipa etil merkaptan.
- Menghitung *Bill of Material* (harga dari material yang digunakan).

6. Evaluasi Level Keselamatan

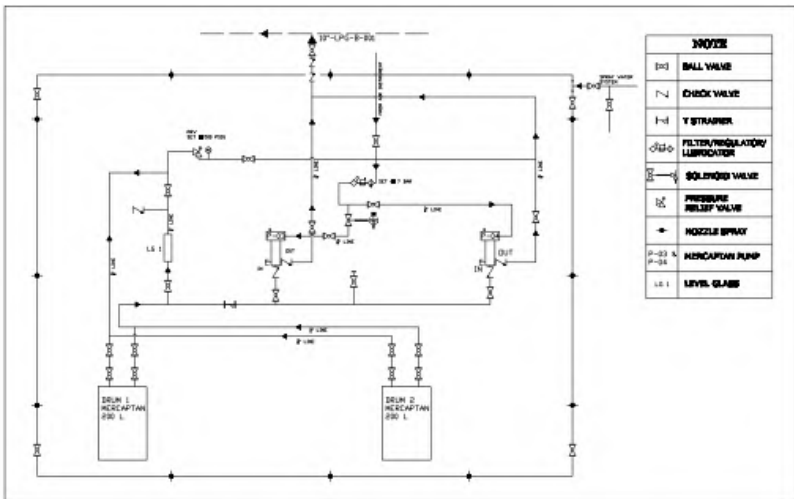
Mengevaluasi rancangan sistem apakah sudah memenuhi standar keselamatan pada terminal LPG plan atau belum, Jika sudah memenuhi maka dilanjutkan ke penarikan kesimpulan. Namun jika belum maka kembali lagi ke analisa data.

7. Penarikan Kesimpulan

Langkah terakhir adalah penarikan kesimpulan dari seluruh proses yang telah dilakukan dan menjawab permasalahan.

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

Kondisi Sistem yang Ada :



Gambar 4.1 Layout sistem etil merkaptan

(*Terminal LPG Semarang*)

Gambar diatas merupakan layout sistem etil merkaptan pada terminal LPG Semarang, untuk gambar yang lebih besar dan jelas terdapat pada lampiran.

Berikut adalah komponen komponen yang terdapat pada sistem tersebut :

- Drum (tangki) etil merkaptan (200 L)
- Pipa transfer etil merkaptan
- *Ball valve*

- *Y-strainer*
- *Check valve*
- *Level glass*
- *Mercaptan pump*
- *Pressure relief valve*
- *Solenoid valve*
- *Filter/Regulator/Lubricator*
- *Nozzle Spray*

4. 1 HAZOP Analysis pada Sistem yang Ada

Analisis resiko pada sistem instalasi etil merkaptan menggunakan metode HAZOP *analysis*. Analisis resiko ini didasarkan pada data hasil *maintenance* yang dilakukan oleh perusahaan dan juga permasalahan yang sering terjadi pada sistem instalasi yang ada. Jadi bahaya yang mungkin terjadi dapat teridentifikasi dari data tersebut.

Dari hasil identifikasi bahaya pada sistem terdapat tiga deviasi atau penyimpangan yang muncul yaitu :

1. *No Flow* (tidak ada aliran)
2. *Fluid Leak* (fluida bocor)
3. *Back Flow* (ada aliran balik)

Setiap penyimpangan tersebut memiliki penyebab dan konsekuensinya masing masing, dan didalam analisis HAZOP deviasi, penyebab dan konsekuensi tersebut disusun dan diberi rekomendasi penyelesaiannya jika pada sistem yang ada belum terdapat sistem penanggulangan bahayanya.

Berikut adalah hasil analisis HAZOP pada etil merkaptan *injection system* yang sudah ada :

HAZOP ANALYSIS SHEET				PROJECT:	Mercaptan Injection	
INJECTION LINE PUMP MERCAPTAN				SYSTEM:	DESIGN INTENT:	
				mercaptan drum pneumatic plunger pump Tubing Injection Line	Mercaptan injection unit digunakan untuk menginjeksikan atau menambahkan mercaptan (C_2H_5S) pada LPG (butana dan propana) pada saat proses discharge tanker, jumlah standar mercaptan adalah 25ml per 1000 kg LPG	
NO	DEVIASI	PENYEBAB	KONSEKUENSI	EXISTING SAFEGUARDS	REKOMENDASI	
1	No Flow	valve tidak terbuka	tidak ada atau hanya sedikit mercaptan yang ditambahkan pada LPG	Terdapat Strainer	Cek kondisi valve dan perbaiki valve	
					Ganti valve	
					Perawatan valve rutin	
		Pipa suction tersumbat	tidak ada atau hanya sedikit mercaptan yang ditambahkan pada LPG		Cek kondisi strainer	
					Perbaiki strainer	
		Pompa Rusak	tidak ada atau hanya sedikit mercaptan yang ditambahkan pada LPG		Perbaiki Pompa	
					Lakukan perawatan pompa secara rutin	
					Pasang pressure indicator pada jalur inlet dan outlet pompa	
					Pasang tembok atau perbaiki shelter	
					Pasang pendingin drum mercaptan	
2	Fluid Leak	Sambungan pipa dengan drum tidak benar atau rusak	Pompa tidak bisa bekerja	mercaptan di release	Pasang insulasi pada pipa	Perbaiki sambungan sesuai prosedur pemasangan dan lakukan condition monitoring pada sambungan. Pasang prosedur pemasangan di area mercaptan storage
					hindarkan dari sumber api	
					kenakan masker	
					Nyalakan water sprinkle	
					Nyalakan water sprinkle	
			Volume etil mercaptan yang ditransferkan berkurang	Nyalakan water sprinkle		

Gambar 4.2 HAZOP Analysis Worksheet

Lanjutan HAZOP analysis wroksheet

		Sambungan pipa dengan valve tidak benar atau rusak	Volume merkaptan dalam drum berkurang Volume etil merkaptan yang ditransferkan berkurang		Perbaiki sambungan sesuai prosedur pemasangan dan lakukan condition monitoring pada sambungan. Pasang prosedur pemasangan di area merkaptan sofrage
3	Back Flow	Check Valve rusak	merkaptan yang diinjeksikan kurang		Perbaiki Check Valve Maintenance Check valve secara berkala

Gambar 4.3 lanjutan HAZOP analysis worksheet
Tabel yang lebih jelas terdapat pada lampiran.

Dari hasil HAZOP analisis yang dilakukan didapatkan rekomendasi untuk penanggulangan bahaya yang dikelompokkan kedalam dua jenis rekomendasi yaitu; Rekomendasi yang bersifat perawatan (*maintenance*) dan rekomendasi yang bersifat perbaikan pada sistem yang ada.

Rekomendasi yang bersifat yang bersifat *maintenance* yaitu perbaikan dengan melakukan perawatan pada sistem yang memiliki resiko gagal bekerja atau memiliki resiko bahaya dan rekomendasi tersebut terdapat pada hampir semua deviasi yang ada.

Rekomendasi yang bersifat perbaikan sistem yaitu rekomendasi yang menganjurkan adanya perbaikan pada sistem yang bertujuan untuk mengurangi resiko terjadinya kecelakaan atau kegagalan sistem. Rekomendasi perbaikan sistem tersebut terdapat pada deviasi “*no flow*” yang disebabkan karena etil merkaptan menguap, sehingga mengakibatkan pompa tidak dapat bekerja dan etil merkaptan harus di *release* ke udara bebas yang notabenenya hal ini tidak diperbolehkan dengan alasan sangat berbau dan juga beracun sehingga dapat membahayakan pekerja dan juga lingkungan sekitar. Maka dari itu diberikan rekomendasi berupa pemasangan pendingin pada drum etil merkaptan dan juga pemberian insulasi pada pipa transfer etil merkaptan untuk mencegah hal tersebut tadi terjadi.

4. 2 Perhitungan Sistem Pendingin Drum Etil Merkaptan

Berikut adalah parameter yang diketahui :

$$V_{\text{mercaptan}} = 200 \text{ L} = 0.2 \text{ m}^3$$

$$\rho_{\text{mercaptan}} = 839 \text{ kg/m}^3$$

$$c_{\text{mercaptan}} = 2400 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$$

$$k_{\text{mercaptan}} = 0.32 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

$$\mu_{\text{mercaptan}} = 0.29 \times 10^{-3} \text{ Pa.s}$$

$$\rho_{\text{air}} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$c_{\text{air}} = 4180 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$$

$$r_{o \text{ drum}} = 0.28575 \text{ m}$$

$$r_{i \text{ drum}} = 0.27305 \text{ m}$$

$$L_{\text{drum}} = 0.8763 \text{ m}$$

$$t_{\text{drum}} = 0.0127 \text{ m}$$

$$T_{i \text{ drum}} = 35^\circ\text{C}$$

$$T_{o \text{ drum}} = 31^\circ\text{C}$$

$$k_{\text{drum}} = 40 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

$$T_{1 \text{ air}} = 30^\circ\text{C}$$

$$T_{2 \text{ air}} = 32^\circ\text{C}$$

$$h_o = 6000 \text{ W/m}^2\text{C}$$

a. Perhitungan koefisien pindah kalor etil merkaptan :

$$\frac{h_i D}{k} = 0.023 \left(\frac{v D \rho}{\mu} \right) \left(\frac{c_p \mu}{k} \right)$$

$$\frac{h_i 0.5461 \text{ m}}{0.32 \text{ W/m}^\circ\text{C}} = 0.023 \left(\frac{0.1051 \text{ m/s} \times 0.5461 \text{ m} \times 839 \text{ kg/m}^3}{0.29 \times 10^{-3} \text{ Pa.s}} \right) \times$$

$$\left(\frac{2400 \text{ J/kg}^\circ\text{C} \times 0.29 \times 10^{-3} \text{ Pa.s}}{0.32 \text{ W/m}^\circ\text{C}} \right)$$

$$h_i = \frac{5194 \times 0.32 \text{ W/m}^\circ\text{C}}{0.5461 \text{ m}}$$

$$h_i = 3043.570 \text{ W/m}^2\text{C}$$

- b. Perhitungan besarnya perpindahan kalor pada drum etil merkaptan.

Karena bentuk tangki etil merkaptan berupa drum, maka untuk perhitungan perpindahan kalornya dibagi menjadi 2 yaitu; perpindahan kalor pada selimut drum (bagian yang melingkar/berbentuk silinder) dengan notasi q_1 dan perpindahan kalor pada alas dan tutup drum dengan notasi q_2 .

Perhitungan besarnya perpindahan kalor pada selimut drum (q_1) :

$$q_1 = \frac{(t_i - t_o)}{\frac{1}{h_i A_i} + \frac{\text{Ln}\left(\frac{r_o}{r_i}\right)}{2\pi k L} + \frac{1}{h_o A_o}}$$

$$q_1 = \frac{(35 - 31)^\circ\text{C}}{\frac{1}{3043.57 \text{ W/m}^2\text{C} \cdot \pi(0.27305^2\text{m})} + \frac{(35 - 31)^\circ\text{C}}{\frac{\text{Ln}\left(\frac{0.28575 \text{ m}}{0.27305 \text{ m}}\right)}{2\pi \cdot 40 \text{ W/m}^\circ\text{C} \times 0.8763 \text{ m}} + \frac{(35 - 31)^\circ\text{C}}{\frac{1}{6000 \text{ W/m}^2\text{C} \cdot \pi(0.28575^2\text{m})}}}$$

$$q_1 = \frac{(4)^\circ\text{C}}{0.0014 \text{ W/}^\circ\text{C} + 0.00020653 \text{ W/}^\circ\text{C} + 0.00065 \text{ W/}^\circ\text{C}}$$

$$q_1 = 1777.78 \text{ W}$$

Perhitungan perpindahan kalor pada alas dan tutup drum (q_2):

$$q_2 = U \cdot A \cdot \Delta T$$

$$\text{Dimana : } U = \frac{1}{\frac{1}{h_A} + \frac{\Delta x}{k_B} + \frac{1}{h_c}}$$

Jadi persamaannya menjadi :

$$q_2 = \left(\frac{1}{\frac{1}{h_A} + \frac{\Delta x}{k_B} + \frac{1}{h_c}} \right) \times A \times \Delta T$$

$$q_2 = \left(\frac{1}{\frac{1}{3043.57 \text{ W/m}^2\text{°C}} + \frac{0.0127 \text{ m}}{40 \text{ W/m}^2\text{°C}} + \frac{1}{6000 \text{ W/m}^2\text{°C}}} \right) \times$$

$$\pi (0.27305^2) \text{ m} \times (35 - 31)^\circ\text{C}$$

$$q_2 = \left(\frac{1}{0.00033 + 0.00031 + 0.0002} \right) \text{ W/m}^2\text{°C} \times$$

$$3.14 (0.0745 \text{ m}^2) \times (4^\circ\text{C})$$

$$q_2 = 1115.9 \text{ W}$$

Besarnya q_2 merupakan besarnya perpindahan kalor pada alas dari drum saja, besarnya perpindahan kalor pada tutup drum sama dengan besarnya perpindahan kalor pada alas drum karena alas dan tutup drum memiliki bentuk dan luasan yang sama.

Jadi total besarnya perpindahan kalor pada drum etil merkaptan yaitu jumlah antara perpindahan kalor pada selimut dan perpindahan kalor pada alas dan tutup drum dikalikan dua, karena terdapat dua drum etil merkaptan. Berikut perhitungannya :

$$Q_{tot} = 2(q_1 + 2q_2)$$

$$Q_{tot} = 2 \times (1777.78 \text{ W} + 2 \times 1115.9 \text{ W})$$

$$Q_{tot} = 8019.01 \text{ W}$$

Jadi pendingin yang direncanakan untuk mendinginkan drum etil merkaptan harus mampu menerima dan melepas kalor sebesar 8019.01 W.

- c. Perhitungan laju aliran massa air pendingin

Karena air pendingin harus mampu menerima dan melepas kalor sebesar laju perpindahan kalor pada drum (Q_{tot}) maka :

$$Q_{tot} = Q_{cooler}$$

$$Q_{tot} = \dot{m}_{water} \cdot c_{water} \cdot \Delta T_{water}$$

$$8019.01 \text{ W} = \dot{m}_{water} \cdot x 4180 \text{ J/kg}^\circ\text{C} \times (32 - 30)^\circ\text{C}$$

$$8019.01 \text{ J/s} = \dot{m}_{water} \cdot x 4180 \text{ J/kg}^\circ\text{C} \times 2^\circ\text{C}$$

$$\dot{m}_{water} = \frac{8019.01 \text{ J/s}}{8360 \text{ J/kg}}$$

$$\dot{m}_{water} = 0.9592 \text{ kg/s}$$

- d. Perhitungan besarnya debit pompa yang digunakan untuk mengalirkan air pendingin.

$$\dot{m}_{water} = Q \cdot \rho$$

$$0.9592 \text{ kg/s} = Q \cdot 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$Q = \frac{0.9592 \text{ kg/s}}{1000 \text{ kg/m}^3}$$

$$Q = 0.0009592 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 0.9592 \text{ L/s}$$

$$Q = 57.553 \text{ L/min}$$

- e. Perhitungan diameter pipa

$$Q = A \cdot v$$

$$Q = \frac{1}{4} \pi D^2 \cdot v$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 0.0009592 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \times 2 \text{ m/s}}}$$

Dimana kecepatan aliran air pendingin direncanakan sebesar 2 m/s.

$$D = \sqrt{\frac{0.00384}{6.28}}$$

$$D = 0.02472 \text{ m}$$

$$D = 24.72 \text{ mm}$$

$$D = 0.973 \text{ inch}$$

Diameter Nominal	: 25
Outside Diameter	: 32.8 mm
Thickness	: 1.6 mm
Inside Diameter	: 26.2 mm
Schedule	: 40
Material	: Steel

- f. Perhitungan head pompa air pendingin

$$H = H_s + H_p + H_v + H_L$$

Dimana :

H_s = perbedaan ketinggian antara suction well dan discharge dari pompa

$H_s = 0 \text{ m}$, karena suction well dan discharge pompa memiliki ketinggian yang sama.

$$H_p = \frac{(P_{disch} - P_{suction})}{\rho \cdot g}$$

$H_p = 0 \text{ m}$, karena tekanan pada suction dan discharge pompa sama.

$$H_v = \frac{(v_{disch}^2 - v_{suction}^2)}{2 \cdot g}$$

$$H_v = \frac{(2^2 - 2^2)}{2 \cdot g}$$

$$H_v = 0 \text{ m}$$

- Perhitungan Head Loss
Frictional Loss pada suction:

$$Re = \frac{vD}{\mu}$$

Dimana :

$$\mu = 0.802 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \quad \text{pada temperatur } ^\circ\text{C}$$

$$v = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$D = 26.2 \text{ mm} = 0.0262 \text{ m}$$

$$Re = \frac{2 \text{ m/s} \times 0.0262 \text{ m}}{0.000000802 \text{ m}^2/\text{s}}$$

$$Re = 6.53 \times 10^4 \quad \text{Aliran turbulent} > 2300$$

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0.0025}{0.0288}$$

$$\frac{\varepsilon}{D} = 9.5 \times 10^{-4}$$

$$f = 0.04 \quad (\text{from moody diagram})$$

$$h_{f_{ls}} = \frac{fL}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

Dimana : L = 60 m

$$h_{f_{ls}} = \frac{0.04 \times 60 \text{ m}}{0.0262 \text{ m}} \times \frac{2^2 \text{ m/s}}{2 \times 9.81 \text{ m/s}^2}$$

$$h_{f_{ls}} = 91.603 \times 0.20387$$

$$h_{f_{ls}} = 18.675 \text{ m}$$

- Frictional Loss pada Discharge

Dimana $L = 58 \text{ m}$

$$h_{f_{ld}} = \frac{fL}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

$$h_{f_{ld}} = \frac{0.04 \times 58 \text{ m}}{0.0262 \text{ m}} \times \frac{2^2 \text{ m/s}}{2 \times 9.81 \text{ m/s}^2}$$

$$h_{f_{ld}} = 88.550 \times 0.20387$$

$$h_{f_{ld}} = 18.053 \text{ m}$$

Maka total frictional loss adalah :

$$h_f = h_{f_{ls}} + h_{f_{ld}}$$

$$h_f = 18.675 + 18.053$$

$$h_f = 36.728 \text{ m}$$

- Fitting Loss pada suction

Tabel 4.1 Koefisien fitting loss pada suction

No	Accesorize	n	k	n x k
1	elbow 90 °	5	0.7	3.5
2	ball valve	2	0.05	0.10
3	Tee Connection	1	2	2
			Σ	5.60

$$h_{fts} = \Sigma nk \times \frac{v^2}{2g}$$

$$h_{fts} = 5.60 \times \frac{2^2 m/s}{2 \times 9.81 \frac{m}{s^2}}$$

$$h_{fts} = 1.14169 \text{ m}$$

- Fitting loss pada discharge

Tabel 4.2 Koefisien fitting loss pada discharge

No	Accesorize	n	k	n x k
1	elbow 90 °	8	0.7	5.6
2	ball valve	4	0.05	0.2
3	Tee connection	5	2	10
			Σ	15.80

$$h_{ftd} = \Sigma nk \times \frac{v^2}{2g}$$

$$h_{ftd} = 15.80 \times \frac{2^2 m/s}{2 \times 9.81 \frac{m}{s^2}}$$

$$h_{ftd} = 3.2212 \text{ m}$$

Jadi total Fitting Loss adalah :

$$h_{ft} = h_{fts} + h_{ftd}$$

$$h_{ft} = 1.14169 + 3.2212$$

$$h_{ft} = 4.3629 \text{ m}$$

- Total Head Loss :

$$h_L = h_f + h_{ft}$$

$$h_L = 36.728 \text{ m} + 4.3629 \text{ m}$$

$$h_L = 41.0909 \text{ m}$$

Maka Head Pompa air pendingin adalah :

$$H = H_s + H_p + H_v + H_L$$

$$H = 0 + 0 + 0 + 41.0909 \text{ m}$$

$$H = 41.0909 \text{ m} \sim 42 \text{ m}$$

Sehingga berdasarkan hasil perhitungan debit pompa dan head pompa diatas, dapat dilakukan pemilihan pompa dengan persyaratan sebagai berikut :

Head : 42 m

Debit : $0.00096 \text{ m}^3/\text{s}$ = 57.533 L/min

Pompa yang dipilih adalah sebagai berikut :

Brand : Serfilco

Tipe : PPN-1

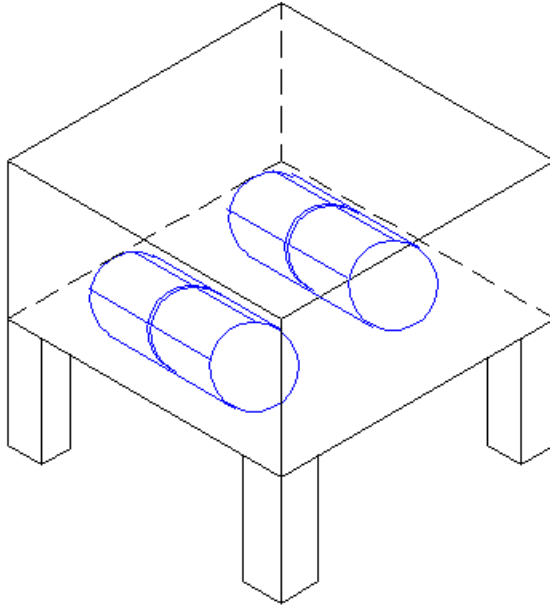
Head : 5.5 bar

Kapasitas : 58 L/min

4.3 Perencanaan Tangki Air Pendingin

Tangki air pendingin direncanakan berukuran panjang 2400mm, lebar 2400m, dan tinggi 1200m. Hal ini bertujuan supaya drum etil merkaptan tercelup sepenuhnya oleh air. Tangki air pendingin memiliki volume 6.912 m^3 atau setara dengan 6912 L sedangkan 2 drum etil merkaptan memiliki volum 400 L (masing masing 200L). Sehingga jika tangki air pendingin diisi dengan air pendingin sebanyak 6512 L maka tangki akan terisi penuh dan

drum etil merkaptan akan sepenuhnya tercelup oelh air pendingin. Berikut ilustrasinya:



Gambar 4.4 ilustrasi tangki air pendingin

4.4 Insulasi Pipa Transfer Etil Merkaptan

Insulasi pipa dipasang bertujuan untuk menjaga suhu etil merkaptan di dalam pipa tetap pada temperatur standarnya. Maka dari itu perlu dipasang insulasi dengan material dan ketebalan tertentu. Untuk dapat mengetahui berapa ketebalan insulasi yang harus dipasang dapat dilihat pada tabel berikut :

Nominal Pipe Size NPS (inches)	Recommended minimum Thickness of Insulation (inches)*			
	Temperature Range (°C)			
	50 - 90	90 - 120	120 - 150	150 - 230
	Temperature Range (°F)			
	120 - 200	201 - 250	251 - 305	306 - 450
	Hot Water	Low Pressure Steam	Medium Pressure Steam	High Pressure Steam
< 1"	1.0	1.5	2.0	2.5
1 1/4" - 2"	1.0	1.5	2.5	2.5
2 1/2" - 4"	1.5	2.0	2.5	3.0
5" - 6"	1.5	2.0	3.0	3.5
> 8"	1.5	2.0	3.0	3.5

Gambar 4.5 Tabel rekomendasi ketebalan minimum insulasi

(http://www.svlele.com/piping/est_thk.htm)

Gambar yang lebih jelas dapat dilihat pada lampiran. Berdasarkan tabel diatas direkomendasikan bahwa untuk pipa dengan *nominal pipe size* <1 inch dan memiliki range temperatur antara 50 °C – 90 °C dan dialiri oleh air, maka diameter insulasi minimalnya adalah 1.0 inch. Material insulasi ditentukan berdasarkan besarnya range temperatur yang harus diterima oleh material insulasi. Seperti terlihat pada Tabel 2.1. Pada pipa transfer etil merkaptan material insulasi yang digunakan adalah *polystyrene (expanded)* dengan range temperatur antara (-40) °C – 80 °C.

Perhitungan heat loss pipa setelah dipasang insulasi :

Diketahui :

Diameter luar pipa	= 0.0095 m
Diameter insulasi pipa	= 0.0349 m
Konduktivitas termal pipa	= 0.157 W/m°C
Koefisien pindah panas insulasi	= 20 W/m ² °C
Tebal insulasi	= 0.0254 m
Temperatur fluida dalam pipa	= 31 °C
Temperatur diluar udara pipa	= 35 °C

$$U = \frac{1}{\frac{D_3 \cdot \ln\left(\frac{D_3}{D_2}\right)}{2 \cdot k_{INSULATION}} + \frac{1}{h_{OUT}}}$$

$$U = \frac{1}{\frac{0.0349 \text{ m} \times \ln\left(\frac{0.0349}{0.0095}\right)}{2 \times 0.157 \text{ W/m}^\circ\text{C}} + \frac{1}{20 \text{ W/m}^2\text{C}}}$$

$$U = \frac{1}{\frac{0.0349 \text{ m} \times 1.2993}{0.314 \text{ W/m}^\circ\text{C}} + \frac{1}{20 \text{ W/m}^2\text{C}}}$$

$$U = \frac{1}{0.1445 + 0.05}$$

$$U = 5.141 \text{ W/m}^2\text{C}$$

- Heat Loss per meter :

$$\frac{q}{L} = U A \Delta T$$

$$\frac{q}{L} = 5.141 \text{ W/m}^2\text{C} \pi 0.0095^2 \text{ m}^2 (35 - 31)^\circ\text{C}$$

$$\frac{q}{L} = 0.0058 \text{ W/m}$$

$$\frac{q}{L} = 20.88 \text{ J/m.jam}$$

- Heat loss dalam waktu 24 jam

$$\frac{q}{L} 24 \text{ jam} = 20.88 \text{ J/m.jam} \times 24$$

$$\frac{q}{L} 24 \text{ jam} = 501.12 \text{ J/m.hari}$$

- Temperatur setelah 24 jam

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$m = 22.485 \text{ kg/jam} = 539.64 \text{ kg/hari}$$

$$c = 2400 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = \text{temperatur awal} - \text{temperatur akhir}$$

$$\text{Dimana, temperatur awal} = 31^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = \frac{Q}{m \cdot c}$$

$$\Delta T = \frac{501.12 \text{ J/hari}}{2400 \text{ J/kg}^\circ\text{C} \times 539.564 \text{ kg/hari}}$$

$$31^\circ\text{C} - T_{akhir} = \frac{501.12 \text{ J/hari}}{1295136 \text{ J/}^\circ\text{C hari}}$$

$$31 - T_{akhir} = 0.0004^\circ\text{C}$$

$$T_{akhir} = 31 - 0.0004$$

$$T_{akhir} = 30.9996^\circ\text{C}$$

Jadi temperatur etil merkaptan dalam pipa yang sudah diberi insulasi tetap terjaga pada temperatur operasionalnya.

4.5 Estimasi Biaya

Estimasi biaya untuk perancangan desain alternatif sistem instalasi etil merkaptan dihitung dari total biaya yang diperlukan untuk semua komponen yang ditambahkan pada sistem yang ada atau dapat dikatakan biaya pengadaan sistem pendingin etil merkaptan ditambah total biaya instalasi sistem, biaya *maintenance* selama satu tahun dan juga biaya design atau jasa

perancangan sistem. Berikut adalah rincian biaya yang diperlukan untuk perancangan sistem pendingin etil merkaptan:

Tabel 4.3 Estimasi biaya yang diperlukan

<i>Cost Estimation</i>						
<i>No</i>	<i>Material</i>	<i>Specification</i>	<i>Unit</i>	<i>amount</i>	<i>Unit Price</i>	<i>Price</i>
1	Water Tank	2400 x 2400 x 1200	mm	1	Rp17,422,330.00	Rp17,422,230.00
2	Tank Fabrication	-	-	1	Rp. 4,355,582.00	Rp. 4,355,582.00
3	Steel Pipe	D 25.4, t 1.5, p 6000	mm	20	Rp 246,560.00	Rp 4,931,200.00
4	Insulation	L 1800 t 25.4	mm	45	Rp 200,842.50	Rp 9,037,912.50
5	Ball valve	D 25.4	mm	14	Rp 19,281.00	Rp 269,934.00
6	Tee Connecton	D 25.4	mm	6	Rp 32,625.00	Rp 195,750.00
7	Elbow 90°	D 25.4	mm	13	Rp 19,750.00	Rp 256,750.00
8	Non-Return Valve	D 25.4	mm	2	Rp 355,229.00	Rp 710,458.00
9	Pneumatic Pump	Q 58	L/m	2	Rp17,155,546.00	Rp34,311,092.00
10	Strainer	D 25.4	mm	1	Rp 39,200.00	Rp 39,200.00
11	Design	-	-	-	-	Rp 8,000,000.00
12	Installation	-	-	-	-	Rp12,000,000.00
13	Maintenance	Per Year	-	-	-	Rp 5,000,000.00
Total =						Rp96,530,208.50

Jadi total biaya yang perlu dikeluarkan untuk pemasangan sistem pendingin etil merkaptan pada terminal LPG dengan dua drum etil merkaptan yang terpasang ialah sebesar Rp96,530,208.50.00 Selisih biaya yang perlu dikeluarkan antara desain yang ada dibandingkan dengan desain alternatif yang direncanakan sebesar juga sebesar Rp96,530,208.50.00 hal ini dikarenakan pada desain yang sudah ada belum terdapat sistem pendingin etil merkaptan.

4.6 Perbandingan Desain Sistem

Tabel 4.4 Perbandingan sistem yang lama dengan desain alternatif yang dirancang

Perbandingan Sistem			
No.	Parameter	Desain Lama	Desain Alternatif
1	Resiko etil merkaptan di release	Tinggi	Sangat Rendah
2	Resiko pekerja keracunan	Tinggi	Rendah
3	Resiko Kebakaran	Rendah	Rendah
4	<i>Maintenance</i>	Sedikit	Lebih banyak
5	<i>Comissioning Cost</i>	lebih rendah	lebih tinggi
6	<i>Operasional Cost</i>	lebih rendah	lebih tinggi

Desain alternatif yang dirancang ini dinilai lebih aman dibanding desain yang sudah ada, dikarenakan pada desain alternatif resiko etil merkaptan di release ke udara bebas rendah, hal ini dikarenakan pada desain alternatif sudah terdapat sistem pendingin pada drum etil merkaptan sehingga etil merkaptan tidak mencapai temperatur 35 °C atau pada titik didihnya sehingga tidak ada etil merkaptan yang menguap didalam drum, dan juga sudah terdapat insulasi pada pipa transfer etil merkaptan sehingga etil merkaptan tidak menguap pada saat ditranferkan ke jalur LPG (*LPG line*). Dikarenakan kemungkinan di releasenya etil merkaptan sangat rendah sehingga resiko pekerja mengalami keracunan juga rendah maka jam kerja pekerja juga tidak ada yang terpotong. Namun pada desain alternatif yang dirancang item yang perlu di *maintenance* menjadi semakin banyak dan juga memiliki *commissioning cost* dan *operasional cost* yang lebih mahal,

dikarenakan memiliki lebih banyak peralatan yang terpasang pada sistem.

4.7 Evaluasi Faktor Keselamatan

Faktor keselamatan merupakan fokus utama pada perencanaan desain alternatif sistem instalasi etil merkaptan ini. Parameter faktor keselamatan didasarkan pada persyaratan yang dikeluarkan oleh OSHA dan juga peraturan dari material safety data sheet etil merkaptan. Berikut adalah hasil evaluasi yang dilakukan :

Tabel 4.5 Evaluasi Keselamatan

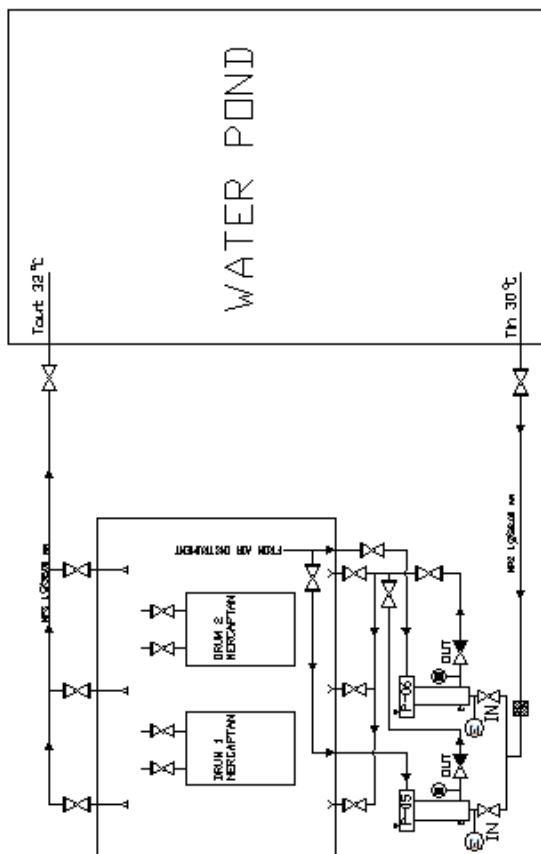
Evaluasi Faktor Keselamatan		
No.	Parameter	Checklist
1	Terhindar dari api atau percikan api	V
2	Terhindar dari paparan sinar matahari langsung	V
3	Semua perlengkapan penyimpanan etil merkaptan di ground (pentanahan) dengan benar	V
4	Drum etil merkaptan disimpan pada tempat yang memiliki ventilasi yang bagus	V
5	Terdapat alat pemadam kebakaran berupa <i>dry powder</i> , CO ₂ , atau <i>polymer foam extinguisher</i> pada area penyimpanan	V
6	Terdapat kotak untuk alat bantu pernapasan didekat area pnyimpanan	V
7	Terhindar dari material pengoksidasi (perklorat, peroksida, permanganat, klorat, nitrat, bromin, dan flourin), dari basa kuat (sodium hidroksida, dan potasium hidroksida), dan dari asam kuat (hidroklorik, nitrit, sulfurik) serta dari kalsium hipoklorit.	V

8	Terhindar dari material karet	V
9	Terdapat prosedur handling and storage di area penyimpanan	V
10	Pastikan tempat penyimpanan etil merkaptan (drum) selalu tertutup rapat	V
11	Tidak membuang sisa etil merkaptan sembarangan	V
12	Sebaiknya drum etil merkaptan hanya sekali digunakan	V

4.8 Desain *Key Plan*

Key plan sistem pendingin etil merkaptan terdiri dari kolam air tawar (*water pond*) sebagai sumber dari air pendingin, tangki air pendingin dengan ukuran panjang 2400mm, lebar 2400mm, dan tinggi 1200mm. 2 pompa (*pneumatic powered pump*) salah satu sebagai *stand-by pump*. Air pendingin dialirkan dari *water pond* ke tangki pendingin dan kembali lagi ke *water pond* melalui pipa berdiameter OD: 32.8 mm, dengan ketebalan 1.6 mm, *schedule* 40. Inlet air pendingin pada temperatur 30°C, temperatur air pendingin setelah mendinginkan tangki etil merkaptan 32°C. Desain *keyplan* sistem pendingin dapat dilihat pada gambar 4.5 berikut :

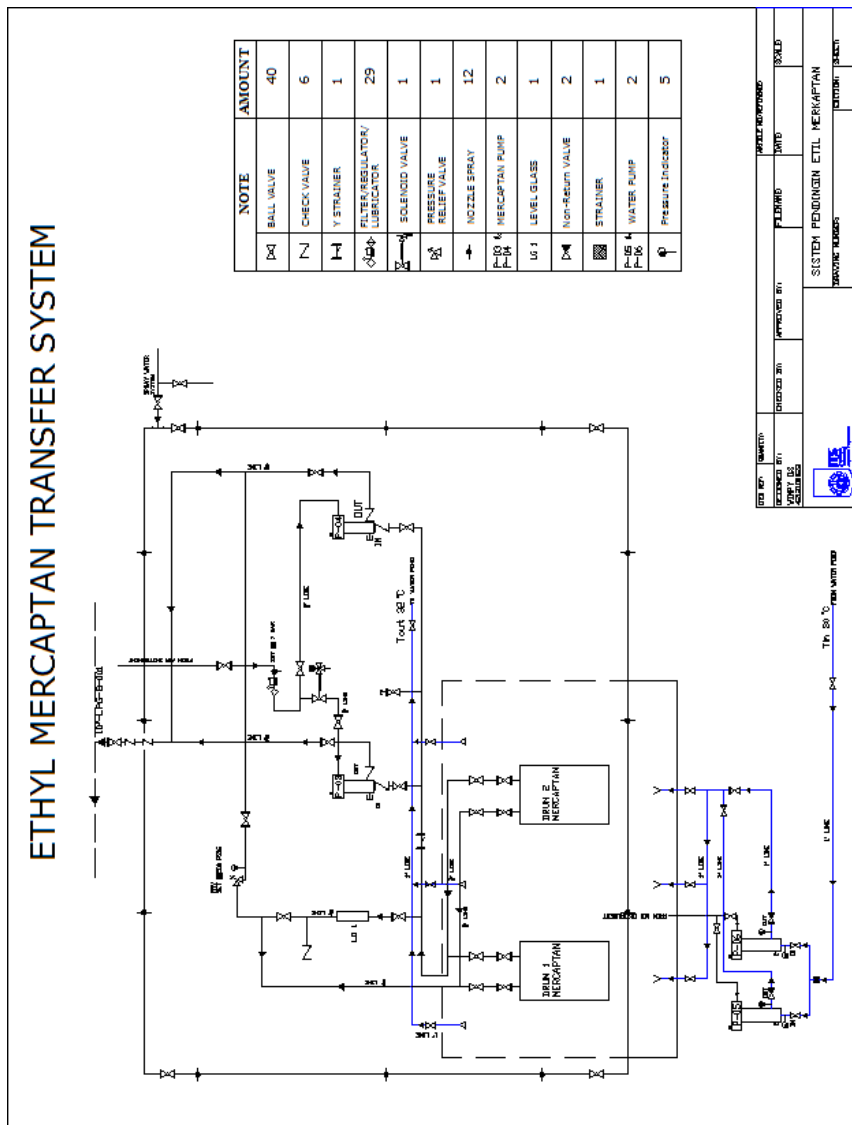
SISTEM PENDINGIN ETIL MERKAPTAN



NOTE	AMOUNT
⊗ BALL VALVE	18
⊗ Non-Return VALVE	2
⊗ STRAINER	1
⊗ P-05 & P-06	2
⊗ Pressure Indicator	4

OWB No.	DATE	APPROVED BY	APPROVED BY	APPROVED BY
DESIGNED BY	VERIFIED BY	APPROVED BY	APPROVED BY	APPROVED BY
SISTEM PENDINGIN ETIL MERKAPTAN				
PROJECT NUMBER				
REVISION				
DATE				

Gambar 4.6 Sistem Pendingin Etil Merkaptan

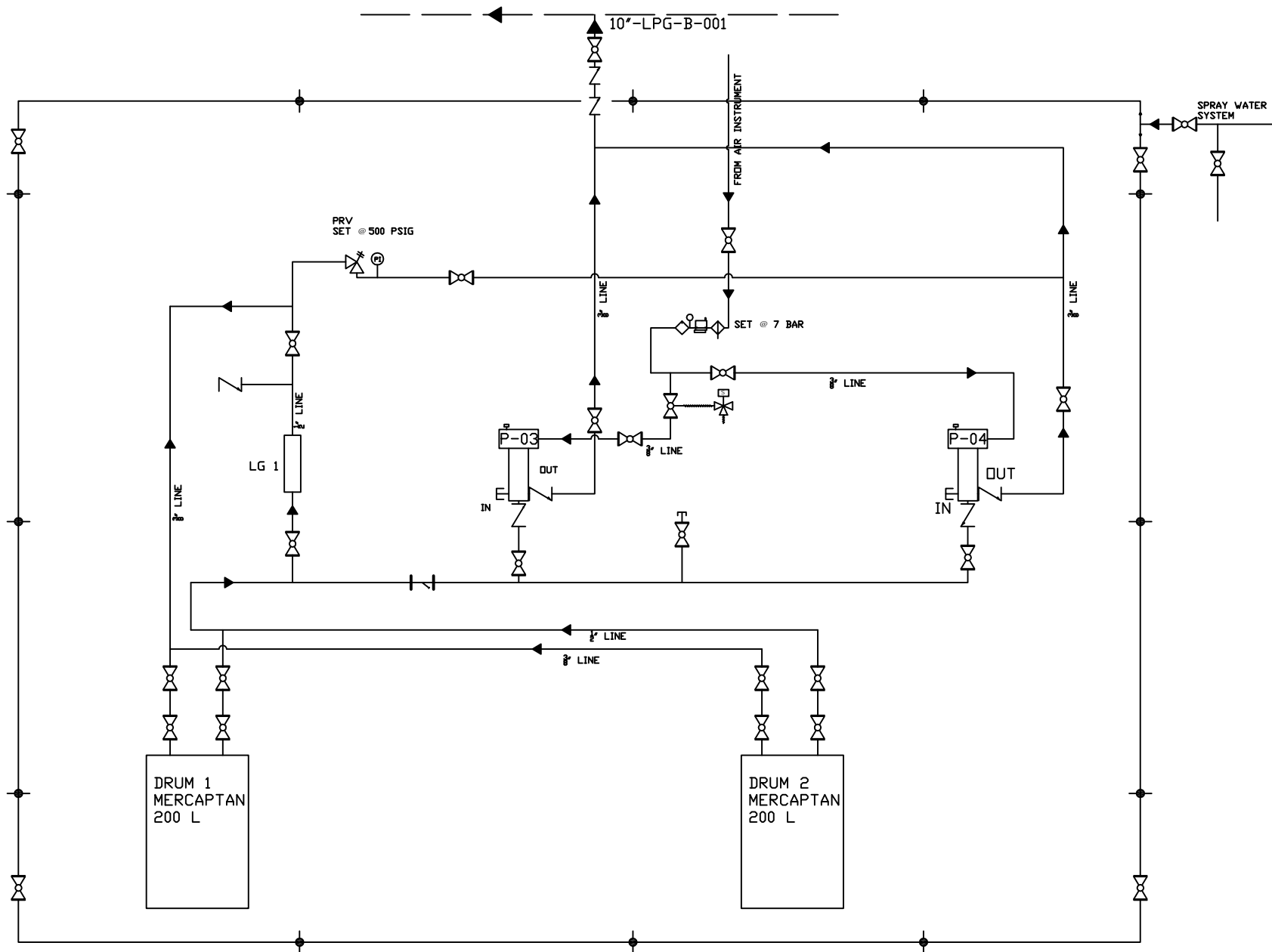


Gambar 4.7 Etyl Mercaptan Transfer System
Gambar yang lebih jelas terdapat pada lampiran.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

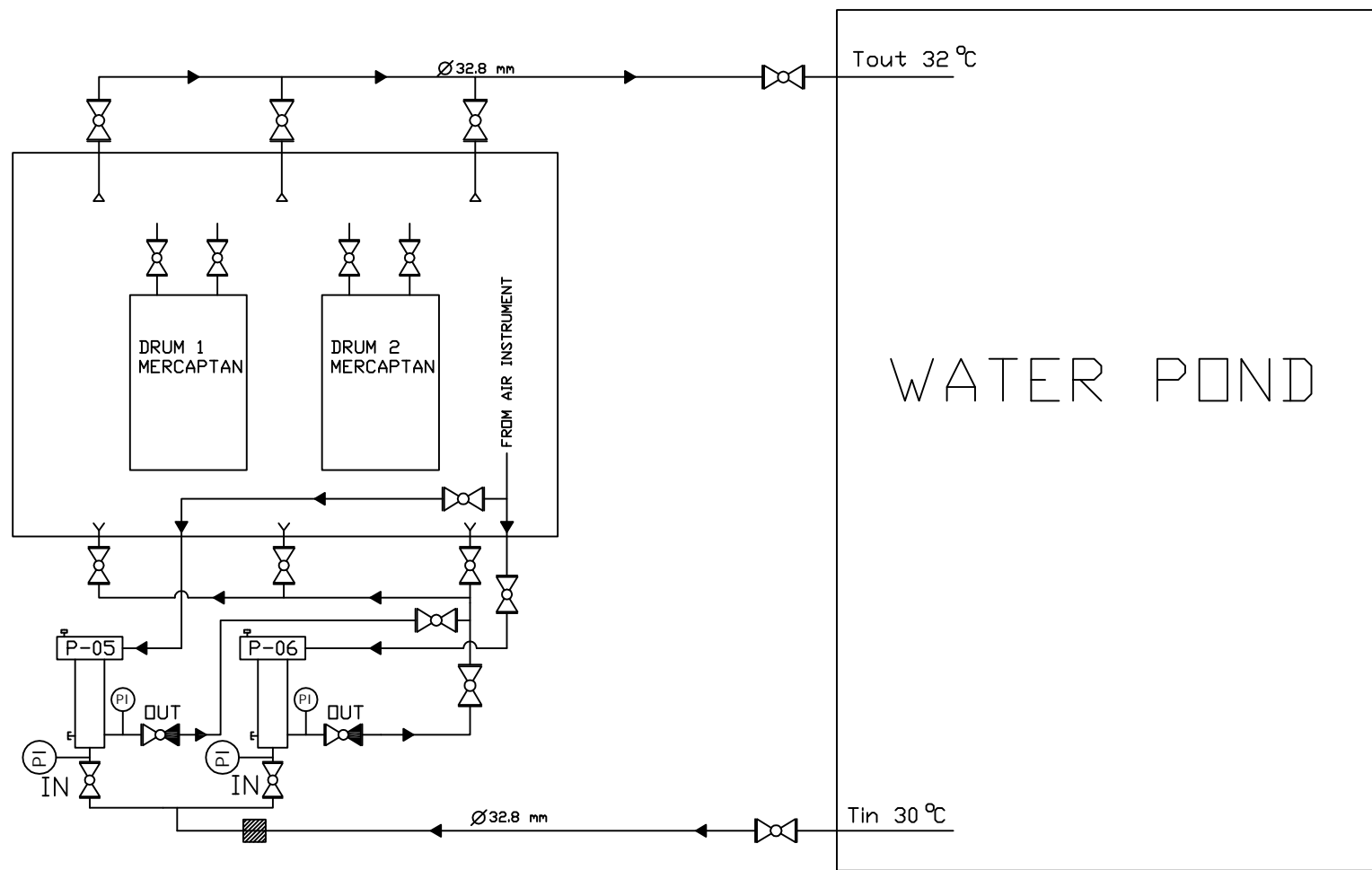
LAMPIRAN

HAZOP ANALYSIS SHEET		PROJECT:			
		SYSTEM:	Mercaptan Injection		
INJECTION LINE PUMP MERCAPTAN		EQUIPMENT:	DESIGN INTENT:		
		mercaptan drum pneumatic plunger pump Tubing Injection Line	Mercaptan injection unit digunakan untuk menginjeksikan atau menambahkan mercaptan (C ₂ H ₅ S) pada LPG (butana dan propana) pada saat proses discharge tanker, jumlah standar mercaptan adalah 25ml per 1000 kg LPG		
NO	DEVIASI	PENYEBAB	KONSEKUENSI	EXISTING SAFEGUARDS	REKOMENDASI
1	No Flow	valve tidak terbuka	tidak ada atau hanya sedikit mercaptan yang ditambahkan pada LPG		Cek kondisi valve dan perbaiki valve
					Ganti valve
		Pipa suction tersumbat	tidak ada atau hanya sedikit mercaptan yang ditambahkan pada LPG	Terdapat Strainer	Perawatan valve rutin
					Cek kondisi strainer
		Pompa Rusak	tidak ada atau hanya sedikit mercaptan yang ditambahkan pada LPG		Cek kondisi mercaptan
					Perbaiki strainer
		Mercaptan menguap	Tidak ada atau hanya sedikit mercaptan yang ditambahkan pada LPG	Terdapat Shelter	Perbaiki Pompa
					Lakukan perawatan pompa secara rutin
					Pasang pressure indicaor pada jalur inlet dan outlet pompa
					Pasang tembok atau perbaiki shelter
2	Fluid Leak	Sambungan pipa dengan drum tidak benar atau rusak	Volume merkaptan dalam drum berkurang	Nyalakan water sprinkle	Pasang pendingin drum mercaptan
			Volume etil merkaptan yang ditransferkan berkurang	Nyalakan water sprinkle	Pasang insulasi pada pipa
		Sambungan pipa dengan valve tidak benar atau rusak	Volume merkaptan dalam drum berkurang		hindarkan dari sumber api
			Volume etil merkaptan yang ditransferkan berkurang		kenakan masker
		Check Valve rusak	mercaptan yang diinjeksikan kurang		Perbaiki sambungan sesuai prosedur pemasangan dan lakukan condition monitoring pada sambungan. Pasang prosedur pemasangan di area merkaptan sotrage
					Perbaiki sambungan sesuai prosedur pemasangan dan lakukan condition monitoring pada sambungan. Pasang prosedur pemasangan di area merkaptan sotrage
3	Back Flow	Check Valve rusak	mercaptan yang diinjeksikan kurang		Perbaiki Check Valve
					Maintenance Check valve secara berkala




NOTE	
	BALL VALVE
	CHECK VALVE
	Y STRAINER
	FILTER/REGULATOR/ LUBRICATOR
	SOLENOID VALVE
	PRESSURE RELIEF VALVE
	NOZZLE SPRAY
P-03 & P-04	MERCAPTAN PUMP
LG 1	LEVEL GLASS

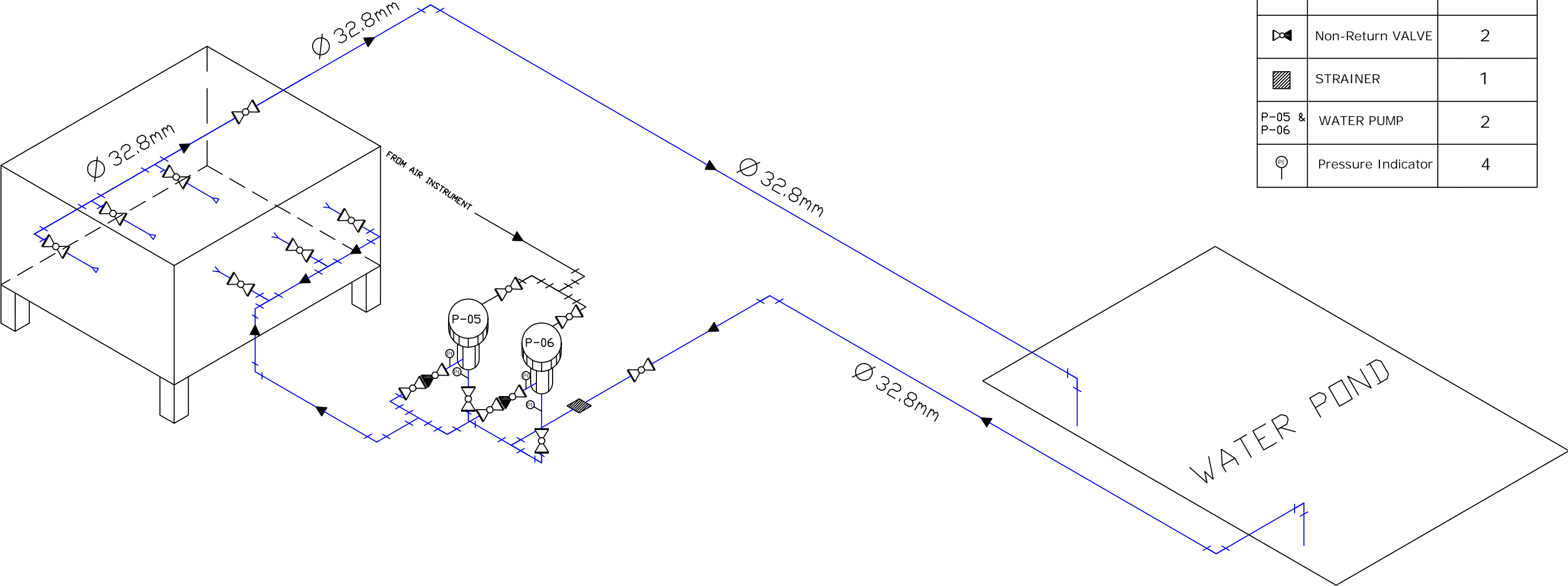
SISTEM PENDINGIN ETIL MERKAPTAN




NOTE		AMOUNT
	BALL VALVE	18
	Non-Return VALVE	2
	STRAINER	1
P-05 & P-06	WATER PUMP	2
	Pressure Indicator	4

ITEM REF:	QUANTITY:				ARTICLE NO./REFERENCE:		
DESIGNED BY:		CHECKED BY:	APPROVED BY:	FILENAME:	DATE:	SCALE:	
WIMPY D.S 4212100022							
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember				SISTEM PENDINGIN ETIL MERKAPTAN			
				DRAWING NUMBER:		EDITION:	SHEET:

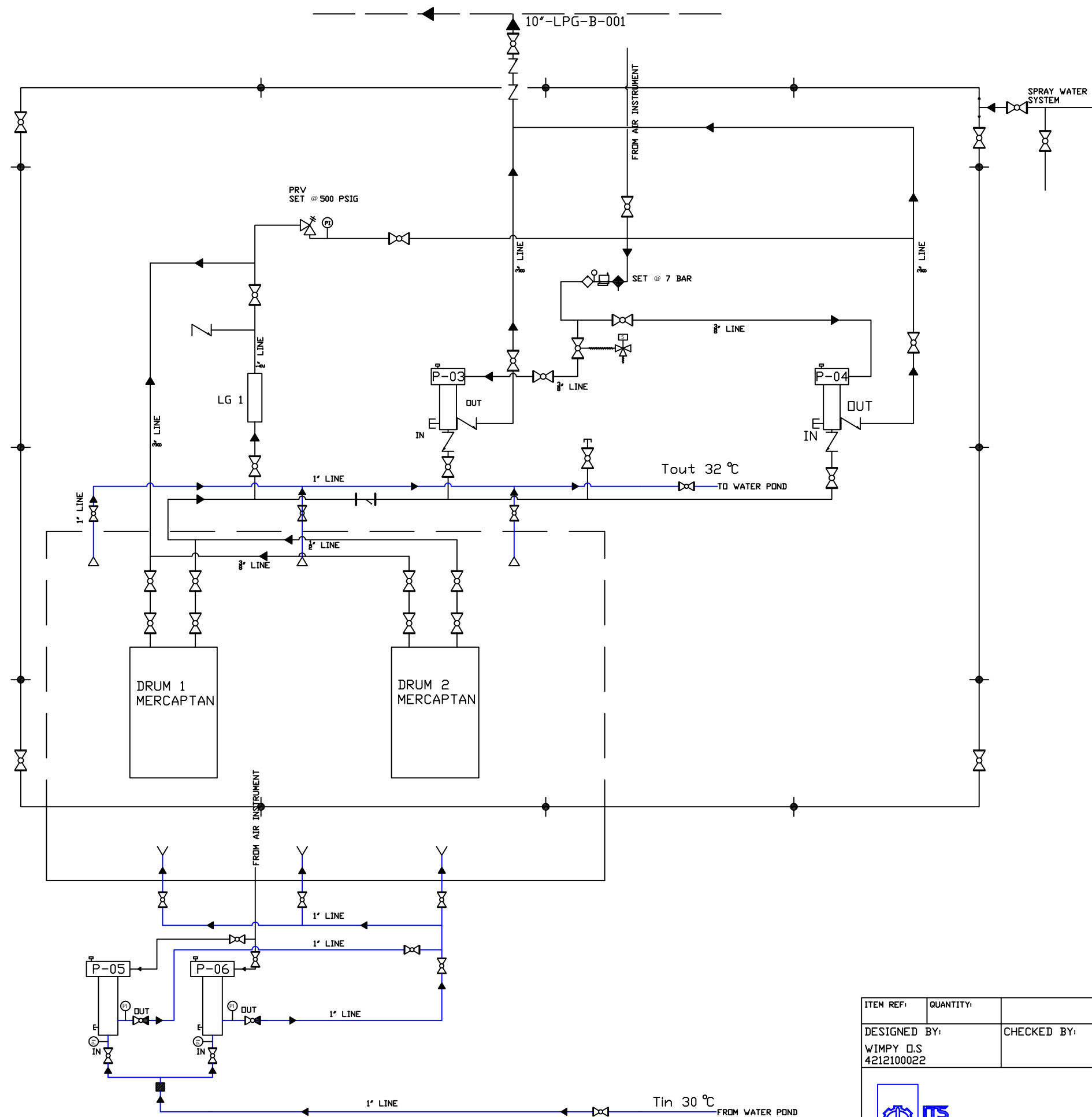
SISTEM PENDINGIN ETIL MERKAPTAN




NOTE		AMOUNT
	BALL VALVE	14
	Non-Return VALVE	2
	STRAINER	1
P-05 & P-06	WATER PUMP	2
	Pressure Indicator	4

ITEM REF:	QUANTITY:				ARTICLE NO./REFERENCE:		
DESIGNED BY: WIMPY D.S 4212100022		CHECKED BY:	APPROVED BY:	FILENAME:	DATE:	SCALE:	
 ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember				SISTEM PENDINGIN ETIL MERKAPTAN			
				DRAWING NUMBER:		EDITION:	SHEET:

ETHYL MERCAPTAN TRANSFER SYSTEM



NOTE		AMOUNT
	BALL VALVE	40
	CHECK VALVE	6
	Y STRAINER	1
	FILTER/REGULATOR/LUBRICATOR	29
	SOLENOID VALVE	1
	PRESSURE RELIEF VALVE	1
	NOZZLE SPRAY	12
P-03 & P-04	MERCAPTAN PUMP	2
LG 1	LEVEL GLASS	1
	Non-Return VALVE	2
	STRAINER	1
P-05 & P-06	WATER PUMP	2
	Pressure Indicator	5

ITEM REF:	QUANTITY:	ARTICLE NO./REFERENCE:			
DESIGNED BY: WIMPY D.S 4212100022	CHECKED BY:	APPROVED BY:	FILENAME:	DATE:	SCALE:
			SISTEM PENDINGIN ETIL MERKAPTAN		
DRAWING NUMBER:				EDITION:	SHEET:

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa data yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Resiko dan konsekuensi dari kebocoran etil merkaptan baik dalam bentuk cair maupun uap dapat diketahui melalui analisis resiko menggunakan metode HAZOP *analysis*. Dari hasil analisis HAZOP didapatkan rekomendasi untuk memodifikasi desain yang ada dan juga penambahan insulasi pada pipa transfer etil merkaptan.
2. Dari hasil analisis resiko didapatkan rekomendasi atau langkah untuk meminimalisir resiko terjadinya kebocoran etil merkaptan baik dalam bentuk cair maupun uap yaitu dengan melakukan maintenance peralatan secara rutin dan juga penambahan sistem pendingin
3. Desain alternatif sistem yang dirancang terdiri dari tangki air pendingin dengan volume 6512 L, dua pompa air jenis “*pneumatic powered*” dengan laju aliran 58 L/min dan Tekanan 5.5 bar, dan pipa transfer berukuran 32.8mm.

5.2 Saran

1. Diperlukan condition monitoring pada setiap komponen dari sistem instalasi etil merkaptan terutama pada sambungan pipa dengan drum.
2. Diperlukan studi lebih lanjut mengenai hasil reaksi dari etil merkaptan jika tercampur dengan air.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1999. "Hazardous Substance Fact Sheet" New Jersey Departement of Health and Senior Service.
- Erna Z dan Ali M. 2013. "Analisis Bahaya dengan Metode Hazop dan Manajemen Resiko pada Steam Turbine PLTU di Unit 5 Pembangkitan Listrik Paiton (PT. YTL Jawa Timur)".Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
- Ethyl Mercaptan-Material Safety Data Sheet, MEGS, 2000.
- Fatwa Inayah K.D. 2009. *Pemanfaatan Gas Suar Bakar untuk Produksi LPG*. Universitas Indonesia.
- Hazardous Industry Planning Advisory Paper No 8. 2011. "HAZOP Guidelines". NSW Goverment.
- International Chemical Safety Convention, "Ethanetiol", 2004
- International Labour Organization (ILO). 2013, *Keselamatan dan Kesehatan Kerja Sarana untuk Produktivitas*, Score, Jakarta.
- J.S. Arendt. Hazard Evaluation Procedures Second Edition with Worked Examples, 1992. American Institute of Chemical Engineers.
- J.P. Holman. 1994. *Perpindahan Kalor* edisi Keenam. Jakarta: Erlangga.
- Mangkunegara, Anwar Prabu. (2002), *Manajemen Sumber Daya Manusia*.Bandung: PT Remaja Rosda.
- M. Z.K and D. Gvozdenac, "Toolbox 10 Industrial Insulation," [Online].Available:<http://www.wiley.com/legacy/wileychi/morvayindustrial/supp/toolbox10.pdf>.
- Rijanto, B. 2010. *Keselamatan, Kesehatan Kerja Dan Lingkungan Industri Konstruksi*. Edisi Pertama. Penerbit Mitra Wacana Media. Jakarta
- Suma'mur P.K. 2004. *Higiene Perusahaan dan Kesehatan Kerja*. Jakarta: PT. Toko Gunung Agung

- Z. Syaaf Ridwan. 2007, *Occupational Health And Safety Behaviour*, Departemen K3 FKM Universitas Indonesia Depok.

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Klaten, Jawa Tengah, pada tanggal 26 Juni 1994. Merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Alumni SD N 2 Gombang, SMP N 2 Cawas, dan SMA N 1 Cawas. Penulis melanjutkan studi Strata 1 di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, terdaftar dengan NRP 4212 100 022 dan mengambil konsentrasi bidang keahlian Marine Machinery and System (MMS). Selama perkuliahan

penulis juga aktif dalam organisasi Lembaga Dakwah Jurusan (LDJ) “Al-Mi’raj” sebagai ketua divisi hubungan mahasiswa dan aktif sebagai grader praktikum sistem hidrolis di Laboratorium Marine Machinery and System. Selain itu penulis juga pernah melakukan kerja praktek di PT. Janata Marina Indah (JMI) dan PT. Terminal LPG Semarang (OPSICO).

Wimpy Ovik Sudirman

Ovik.wimpy@gmail.com

“Halaman ini sengaja dikosongkan”